

VISIT...

LANZAROTE  
*Caliente*.COM

**Серия  
справочников  
для рабочих**  
Основана в 1969 году



# Общетехнический справочник

Под общей редакцией  
канд. техн. наук Е.А. Скороходова

3-е издание,  
переработанное и дополненное



МОСКВА  
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»  
1989

ББК 34.4  
О-28  
УДК 621.81 (035)

Авторы: Е. А. Скороходов, канд. техн. наук, В. П. Законников, канд. техн. наук, А. Б. Пакнис, канд. техн. наук, К. Ф. Скворцов, канд. техн. наук, А. Н. Малов, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, д-р техн. наук, проф.

Рецензент канд. техн. наук И. М. Карпочкин

Общетехнический справочник/Е. А. Скороходов, О-28 В. П. Законников, А. Б. Пакнис и др.; Под общ. ред. Е. А. Скороходова. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1989. — 512 с.: ил. — (Серия справочников для рабочих).

ISBN 5-217-00423-1

В третьем издании (2-е изд. 1982 г.) приведены сведения по математике, технической механике, ЕСКД, материалам в машиностроении, деталям машин, допускам, посадкам и техническим измерениям, ЕСТПП и ЕСТД, а также по элементам программирования.

Для мастеров и квалифицированных рабочих.

О  $\frac{2702000000-112}{038(01)-89}$  112-89

ББК 34.4

ISBN 5-217-00423-1 © Издательство «Машиностроение», 1982, с изменениями  
© Издательство «Машиностроение», 1989, с изменениями

# ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ (В. П. Законников)</b>                       | 5   |
| Алфайнты и цифры                                                        | 5   |
| Системы измерений                                                       | 6   |
| Сведения из математики                                                  | 16  |
| Сведения из технической механики                                        | 63  |
| Выполнение расчетов с помощью микрокалькуляторов                        | 74  |
| <b>Глава 2. СВЕДЕНИЯ ИЗ ЕСКД (Е. А. Скороходов)</b>                     | 80  |
| <b>Глава 3. МАТЕРИАЛЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ (К. Ф. Скворцов)</b>             | 124 |
| Общие сведения                                                          | 124 |
| Черные металлы                                                          | 136 |
| Цветные металлы и сплавы                                                | 160 |
| Сортамент                                                               | 186 |
| Пластические массы                                                      | 201 |
| Изоляционные конструкционные материалы                                  | 201 |
| Покрyтия                                                                | 221 |
| Клеи и другие вспомогательные материалы                                 | 243 |
| <b>Глава 4. ДЕТАЛИ МАШИН (Е. А. Скороходов)</b>                         | 257 |
| Линейные размеры, углы, конусы, радиусы закруглений, канавки            | 257 |
| Соединения деталей машин                                                | 268 |
| Общие сведения                                                          | 268 |
| Резьбовые соединения                                                    | 268 |
| Штифтовые соединения                                                    | 311 |
| Шпоночные соединения                                                    | 314 |
| Шлицевые соединения                                                     | 318 |
| Механические передачи вращательного движения                            | 321 |
| Общие сведения                                                          | 321 |
| Ременные передачи                                                       | 322 |
| Цепные передачи                                                         | 331 |
| Зубчатые передачи                                                       | 335 |
| Подшипники (А. Н. Малов)                                                | 344 |
| <b>Глава 5. ДОПУСКИ, ПОСАДКИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ (А. Б. Пакнис)</b> | 351 |
| Допуски и посадки                                                       | 351 |
| Отклонения формы и расположения поверхностей                            | 375 |



|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| Шероховатость поверхности . . . . .                          | 391 |
| Универсальные средства измерения линейных размеров . . . . . | 398 |
| Выбор средств измерений . . . . .                            | 405 |
| Методы и средства измерения типовых деталей . . . .          | 409 |
| Измерение физических величин . . . . .                       | 438 |

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Глава 6. СВЕДЕНИЯ ИЗ ЕСТПП И ЕСТД (Е. А. Скороходов)</i> . . . . . | 443 |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Глава 7. СВЕДЕНИЯ О ПРОГРАММИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ И ГПС (Е. А. Скороходов)</i> . . . . | 473 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Список литературы . . . . . | 496 |
|-----------------------------|-----|

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| Перечень ГОСТов . . . . . | 497 |
|---------------------------|-----|

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| Предметный указатель . . . . . | 501 |
|--------------------------------|-----|

# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

## АЛФАВИТЫ И ЦИФРЫ

### 1. Латинский и греческий алфавиты

| Рукопис-<br>ные<br>буквы | Произно-<br>шение | Рукопис-<br>ные<br>буквы | Произно-<br>шение | Рукопис-<br>ные<br>буквы | Произно-<br>шение |
|--------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|
| <b>Латинский алфавит</b> |                   |                          |                   |                          |                   |
| Aa                       | а                 | Jj                       | йот               | Ss                       | эс                |
| Bb                       | бе                | Kk                       | ка                | Tt                       | тэ                |
| Cc                       | це                | Ll                       | эль               | Uu                       | у                 |
| Dd                       | де                | Mm                       | эм                | Vv                       | ве                |
| Ee                       | е                 | Nn                       | эн                | Ww                       | дубль-ве          |
| Ff                       | эф                | Oo                       | о                 | Xx                       | икс               |
| Gg                       | ге                | Pp                       | пэ                | Yy                       | игрек             |
| Hh                       | аш                | Qq                       | ку                | Zz                       | зет               |
| Ii                       | и                 | Rr                       | эр                |                          |                   |
| <b>Греческий алфавит</b> |                   |                          |                   |                          |                   |
| Αα                       | альфа             | Ιι                       | йота              | Ρρ                       | ро                |
| Ββ                       | бета              | Κκ                       | каппа             | Σσ                       | сигма             |
| Γγ                       | гамма             | Λλ                       | ламбда            | Ττ                       | тау               |
| Δδ                       | дельта            | Μμ                       | мю                | Υυ                       | ипсилон           |
| Εε                       | эпсилон           | Νν                       | ню                | Φφ                       | фи                |
| Ζζ                       | дзета             | Ξξ                       | кси               | Χχ                       | хи                |
| Ηη                       | эта               | Οο                       | омикрон           | Ψψ                       | пси               |
| Θθ                       | тхэта             | Ππ                       | пи                | Ωω                       | омега             |

Римские цифры изображаются основными знаками: I, V, X, L, C, D и M, которые соответствуют следующим натуральным числам: I — 1; V — 5; X — 10; L — 50; C — 100; D — 500; M — 1000. С помощью основных знаков записываются все натуральные числа. Для определения натурального числа, записанного римскими цифрами, нужно сложить значения всех римских цифр, записанных в числе, например, XVI = 10 + 5 + 1 = 16, CCXXVIII = 100 + 100 + 10 + 10 + 5 + 1 + 1 + 1 = 228. Однако если перед большей по значению цифрой стоит меньшая, то из цифры большего значения следует вычесть цифру меньшего значения, например: CXXIV = 100 + 10 + 10 + (5 — 1) = 124; CMIX = (1000 — 100) + (10 — 1) = 909.

Примеры: I = 1; II = 2; III = 3; IV = 4; V = 5; VI = 6; VII = 7; VIII = 8; IX = 9; X = 10; XIII = 13; XV = 15; XXV = 25; XL = 40; LX = 60; XC = 90; XCIX = 99; CCI = 201; CM = 900; XM = 990; IM = 999; MI = 1001; MCMLXXXVIII = 1988.

## СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ

ГОСТ 8.417—81 «Единицы физических величин» устанавливает обязательное применение в науке и технике единиц Международной системы единиц (сокращенно СИ). Для образования кратных и дольных единиц установлены множители и приставки (табл. 2). Основные, дополнительные и производные единицы СИ приведены в табл. 3.

Допускаемые к применению внесистемные единицы приведены в табл. 4, а важнейшие производные единицы СИ для различных областей науки и техники — в табл. 5.

Логарифмы. Логарифмом числа  $N$  при основании  $a$  называется показатель степени  $n$ , в которую нужно возвести  $a$ , чтобы получить  $N$ , т. е.  $a^n = N$ , откуда  $n = \log_a N$  или  $a^{\log_a N} = N$  ( $a$  — постоянное положительное число, не равное единице).

### 2. Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименований

| Множи-<br>тель | При-<br>ставка | Обозначение |                    | Множи-<br>тель | При-<br>ставка | Обозначение |                    |
|----------------|----------------|-------------|--------------------|----------------|----------------|-------------|--------------------|
|                |                | русское     | между-<br>народное |                |                | русское     | между-<br>народное |
| $10^{12}$      | тера           | Т           | T                  | $10^{-1}$      | деци           | д           | d                  |
| $10^9$         | гига           | Г           | G                  | $10^{-2}$      | санти          | с           | c                  |
| $10^6$         | мега           | М           | M                  | $10^{-3}$      | милли          | м           | m                  |
| $10^3$         | кило           | к           | k                  | $10^{-6}$      | микро          | мк          | μ                  |
| $10^2$         | гекто          | г           | h                  | $10^{-9}$      | нано           | н           | p                  |
| $10^1$         | дека           | да          | da                 | $10^{-12}$     | пико           | п           | p                  |

**П р и м е ч а н и е.** Кратные и дольные единицы образуются путем умножения или деления на степень числа 10. Их наименование получается прибавлением указанных в таблице приставок к наименованиям основных или производных единиц, например, километр, миллиграмм, микрометр, наносекунда и т. п.

Основные свойства логарифмов при одном и том же основании приведены в табл. 11, а некоторые постоянные и их десятичные логарифмы — в табл. 6.

Употребительные системы логарифмов: десятичные (обыкновенные) логарифмы обозначаются  $\lg$  (основание десятичных логарифмов 10); натуральные логарифмы обозначаются  $\ln$  (основание натуральных логарифмов  $a = l = 2,71828\dots$ ). Значения десятичных логарифмов приведены в табл. 12. Натуральные логарифмы переводятся в десятичные по формуле  $\lg N = 0,43429 \lg N$ , а десятичные в натуральные — по формуле  $\ln N = = 2,30259 \lg N$ .

**Свойства десятичных логарифмов.** Десятичные логарифмы записывают в виде десятичной дроби с точностью до определенного десятичного знака. Целая часть дроби называется *характеристикой* логарифма, а дробная — *мантиссой*; например,  $148 = 2,1736$  — характеристика 2, мантисса 0,1703.

Числа больше единицы имеют положительные логарифмы; положительные числа меньше единицы имеют отрицательные логарифмы, например,  $\lg 0,5 = -0,3010$ ;  $\lg 0,005 = -2,3010$ .

Для удобства нахождения логарифма по числу и числа по логарифму отрицательные логарифмы представляют в «искусственной» форме. Отрицательный логарифм в искусственной форме имеет положительную мантиссу и отрицательную характеристику. Отрицательная характеристика обозначается постановкой над ней знака минус. Например, запись  $\lg 0,005 = \bar{3},6990$  означает, что  $\lg 0,005 = -3 + 0,6990 = -2,3010$ .

Положительные мантиссы логарифмов находят по табл. 12, а характеристику определяют, пользуясь следующим правилом.

1. Если логарифмируемое число больше единицы, то характеристика его десятичного логарифма на единицу меньше числа его цифр, стоящих перед запятой, например,  $\lg 5,665 = 0, \dots$ ;  $\lg 25,657 = 1, \dots$ ;  $\lg 8765,35 = 3, \dots$

2. Если логарифмируемое число меньше единицы, то характеристика (в «искусственной» форме при положительной мантиссе) по абсолютной величине на единицу

### 3. Основные и дополнительные единицы СИ

| Наименование<br>величины      | Единица      |             |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------|--------------|-------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                               | Наименование | Обозначение |               | Определение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                               |              | русское     | международное |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Основные единицы              |              |             |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Длина                         | метр         | м           | m             | Метр равен длине 1 650 763,73 длин волн в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями $2p_{10}$ и $5d_5$ атома криптона-86                                                                                                                                                                                                     |
| Масса                         | килограмм    | кг          | kg            | Килограмм равен массе международного прототипа килограмма                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Время                         | секунда      | с           | s             | Секунда равна 9 192 631 770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133                                                                                                                                                                                                |
| Сила электрического тока      | ампер        | A           | A             | Ампер равен силе неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызывал бы на участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н |
| Термодинамическая температура | кельвин      | K           | K             | Кельвин равен 1/273,16 части термодинамической температуры тройной точки воды                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Сила света                    | кандела      | кд          | cd            | Кандела равна силе света, испускаемого с поверхности площадью $1/600\,000\text{ м}^2$ полного излучателя в перпендикулярном направлении, при температуре излучателя, равной температуре затвердевания платины при давлении 101 325 Па                                                                                                          |

Количество вещества

моль

моль

mol

Моль равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов<sup>1</sup>, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 кг

## Дополнительные единицы

Плоский угол

радиан

рад

rad

Радиян равен углу между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу

Телесный угол

стерадиан

ср

sr

Стерадиан равен телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы

## Некоторые производные единицы

## Единицы пространства и времени

Площадь

квадратный метр

м<sup>2</sup>m<sup>2</sup>

Квадратный метр равен площади прямоугольника, каждая сторона которого равна 1 м

Объем, вместимость

кубический метр

м<sup>3</sup>m<sup>3</sup>

Кубический метр равен объему прямоугольного параллелепипеда, каждое ребро которого равно 1 м

Скорость

метр в секунду

м/с

m/s

Метр в секунду равен скорости прямолинейно и равномерно движущейся материальной точки, при которой эта точка за время 1 с перемещается на расстояние 1 м

<sup>1</sup> Структурные единицы могут быть атомами, молекулами, ионами, электронами или другими частицами.

| Наименование<br>величины | Единица                       |                  |                    |                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------|-------------------------------|------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | Наименование                  | Обозначение      |                    | Определение                                                                                                                                                                                |
|                          |                               | русское          | между-<br>народное |                                                                                                                                                                                            |
| Ускорение                | метр на секунду<br>в квадрате | м/с <sup>2</sup> | m/s <sup>2</sup>   | Метр на секунду в квадрате равен ускорению прямолинейно и равноускоренно движущейся материальной точки, линейная скорость которой изменяется на 1 м/с в течение 1 с                        |
| Угловая скорость         | радиан в секунду              | рад/с            | rad/s              | Радиан в секунду равен угловой скорости равномерно вращательного движения точки по окружности, при котором радиус-вектор этой точки описывает в течение 1 с центральный угол, равный 1 рад |
| Частота                  | герц                          | Гц               | Hz                 | Герц равен частоте, при которой в 1 с завершается одно колебание или цикл                                                                                                                  |

*Единицы механических величин*

|                                    |                              |                   |                   |                                                                                                                                   |
|------------------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сила                               | ньютон                       | Н                 | N                 | Ньютон равен силе, сообщающей телу с постоянной массой 1 кг ускорение в 1 м/с <sup>2</sup> в направлении действия силы            |
| Плотность                          | килограмм на кубический метр | кг/м <sup>3</sup> | kg/m <sup>3</sup> | Килограмм на кубический метр равен плотности однородного вещества, масса которого при объеме 1 м <sup>3</sup> равна 1 кг          |
| Момент силы                        | ньютон-метр                  | Н·м               | N·m               | Ньютон-метр равен моменту силы, создаваемому силой 1 Н относительно точки, расположенной на расстоянии 1 м от линии действия силы |
| Давление (механическое напряжение) | паскаль                      | Па                | Pa                | Паскаль равен давлению (механическому напряжению), вызываемому силой 1 Н, равно-                                                  |

|                  |        |    |   |                                                                                                                                                                     |
|------------------|--------|----|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| жение)           |        |    |   | мерно распределенной по нормальной к ней поверхности площадью $1 \text{ м}^2$                                                                                       |
| Работа (энергия) | джоуль | Дж | J | Джоуль равен работе, которую совершает постоянная сила в $1 \text{ Н}$ на пути $1 \text{ м}$ , пройденном телом под действием этой силы в направлении действия силы |
| Мощность         | ватт   | Вт | W | Ватт равен мощности, при которой за $1 \text{ с}$ совершается работа $1 \text{ Дж}$                                                                                 |

*Единицы тепловых величин*

|                             |                             |           |          |                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Количество теплоты          | джоуль                      | Дж        | J        | Джоуль равен количеству теплоты, эквивалентному работе $1 \text{ Дж}$                                                                                                                                         |
| Удельное количество теплоты | джоуль на килограмм         | Дж/кг     | J/kg     | Джоуль на килограмм равен удельному количеству теплоты системы, в которой веществу массой $1 \text{ кг}$ сообщается (или отбирается от него) количество теплоты $1 \text{ Дж}$                                |
| Удельная теплоемкость       | джоуль на килограмм-кельвин | Дж/(кг·К) | J/(kg·K) | Джоуль на килограмм-кельвин равен удельной теплоемкости вещества, имеющего при массе $1 \text{ кг}$ теплоемкость $1 \text{ Дж/К}$                                                                             |
| Теплопроводность            | ватт на метр-кельвин        | Вт/(м·К)  | W/(m·K)  | Ватт на метр-кельвин равен теплопроводности вещества, в котором при стационарном режиме с поверхностной плотностью теплового потока $1 \text{ Вт/м}^2$ устанавливается температурный градиент $1 \text{ К/м}$ |

*Единицы акустических величин*

|                   |        |    |   |                                                                                  |
|-------------------|--------|----|---|----------------------------------------------------------------------------------|
| Звуковая энергия  | джоуль | Дж | J | Джоуль равен звуковой энергии, эквивалентной работе $1 \text{ Дж}$               |
| Звуковая мощность | ватт   | Вт | W | Ватт равен звуковой мощности, эквивалентной механической мощности $1 \text{ Вт}$ |



| Наименование<br>величины                       | Единица                     |                   |                   |                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                | Наименование                | Обозначение       |                   | Определение                                                                                                                                                           |
|                                                |                             | русское           | между-народное    |                                                                                                                                                                       |
| Единицы световых величин                       |                             |                   |                   |                                                                                                                                                                       |
| Световой поток                                 | люмен                       | лм                | lm                | Люмен равен световому потоку, испускаемому точечным источником в телесном угле 1 ср при силе света 1 кд                                                               |
| Освещенность                                   | люкс                        | лк                | lx                | Люкс равен освещенности поверхности, площадью 1 м <sup>2</sup> при световом потоке падающего на нее излучения, равном 1 лм                                            |
| Яркость                                        | кандела на квадратный метр. | кд/м <sup>2</sup> | cd/m <sup>2</sup> | Кандела на квадратный метр равна яркости равномерно светящейся плоской поверхности площадью 1 м <sup>2</sup> в перпендикулярном к ней направлении при силе света 1 кд |
| Единицы электрических и магнитных величин      |                             |                   |                   |                                                                                                                                                                       |
| Количество электричества (электрический заряд) | кулон                       | Кл                | С                 | Кулон равен количеству электричества, протекающему через поперечное сечение проводника при токе силой 1 А за время 1 с                                                |
| Электрическое напряжение                       | вольт                       | В                 | V                 | Вольт равен электрическому напряжению на участке электрической цепи при прохождении 1 Кл электричества и получении работы в 1 Дж                                      |
| Электрическая емкость                          | фарада                      | Ф                 | F                 | Фарада равна электрической емкости конденсатора, при которой заряд 1 Кл создает на конденсаторе напряжение 1 В                                                        |

|                                      |         |      |                  |                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------|---------|------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Электрическое сопротивление          | ом      | Ом   | $\Omega$         | Ом равен электрическому сопротивлению участка электрической цепи, при котором постоянный ток силой 1 А вызывает падение напряжения 1 В                                                                                    |
| Удельное электрическое сопротивление | ом-метр | Ом·м | $\Omega \cdot m$ | Ом-метр равен удельному электрическому сопротивлению вещества, при котором участок (выполненный из этого вещества) электрической цепи длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 м <sup>2</sup> имеет сопротивление 1 Ом |
| Электрическая проводимость           | сименс  | См   | S                | Сименс равен электрической проводимости участка электрической цепи сопротивлением 1 Ом                                                                                                                                    |
| Магнитный поток                      | вебер   | Вб   | Wb               | Вебер равен магнитному потоку, при убывании которого до нуля в сцепленном с ним контуре сопротивлением 1 Ом через поперечное сечение проводника проходит количество электричества 1 Кл                                    |
| Магнитная индукция                   | тесла   | Тл   | T                | Тесла равна магнитной индукции, при которой через поперечное сечение площадью 1 м <sup>2</sup> проходит магнитный поток 1 Вб                                                                                              |
| Индуктивность                        | генри   | Г    | H                | Генри равен индуктивности электрической цепи, с которой при силе постоянного тока в ней 1 А сцепляется магнитный поток, равный 1 Вб                                                                                       |

**П р и м е ч а н и я:** 1. Кроме температуры Кельвина (обозначение  $T$ ) допускается применять также температуру Цельсия (обозначение  $t$ ), определяемую выражением  $t = T - T_0$ , где  $T_0 = 273,15$  К по определению. Температура Кельвина выражается в кельвинах; температура Цельсия — в градусах Цельсия (обозначение международное и русское °C). По размеру градус Цельсия равен кельвину.

2. Интервал, или разность температур Кельвина, выражают в кельвинах. Интервал, или разность температур Цельсия, допускается выражать как в кельвинах, так и в градусах Цельсия.

#### 4. Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ

| Наименование<br>величины | Единица                     |                 |               | Соотношение<br>с единицей СИ                                                                 |
|--------------------------|-----------------------------|-----------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | Наименование                | Обозначение     |               |                                                                                              |
|                          |                             | русское         | международное |                                                                                              |
| Масса                    | тонна                       | т               | t             | $10^3$ кг                                                                                    |
| Время *1                 | минута<br>час<br>сутки      | мин<br>ч<br>сут | min<br>h<br>d | 60 с<br>3 600 с<br>86 400 с                                                                  |
| Плоский угол             | градус<br>минута<br>секунда | °<br>'<br>"     |               | $1,745329 \cdot 10^{-2}$ рад<br>$2,908882 \cdot 10^{-4}$ рад<br>$4,848137 \cdot 10^{-6}$ рад |
| Объем, вме-<br>стимость  | литр *2                     | л               | l             | $10^{-3}$ м <sup>3</sup>                                                                     |

\*1 Допускается также применять другие единицы времени, получившие широкое распространение, например, неделя, месяц, год и т. п.

\*2 Не рекомендуется применять при точных измерениях.

Приведенные единицы времени и плоского угла не допускается применять с приставками (см. табл. 2).

#### 5. Важнейшие производные единицы СИ для различных областей науки и техники

| Величина                                                       | Единица                        |                 |                 |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|
|                                                                | Наименование                   | Обозначение     |                 |
|                                                                |                                | русское         | международное   |
| Площадь                                                        | квадратный метр                | м <sup>2</sup>  | m <sup>2</sup>  |
| Объем, вместимость                                             | кубический метр                | м <sup>3</sup>  | m <sup>3</sup>  |
| Частота                                                        | герц                           | Гц              | Hz              |
| Частота дискретных событий (частота импульсов, ударов и т. п.) | секунда в минус первой степени | с <sup>-1</sup> | s <sup>-1</sup> |
| Частота вращения                                               | секунда в минус первой степени | с <sup>-1</sup> | s <sup>-1</sup> |
| Период                                                         | секунда                        | с               | s               |

Продолжение табл. 5

| Величина                                       | Единица                                |                      |                      |
|------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------|----------------------|
|                                                | Наименование                           | Обозначение          |                      |
|                                                |                                        | русское              | международное        |
| Скорость                                       | метр в секунду                         | м/с                  | m/s                  |
| Ускорение                                      | метр на секунду<br>в квадрате          | м/с <sup>2</sup>     | m/s <sup>2</sup>     |
| Угловая скорость                               | радиан в секунду                       | рад/с                | rad/s                |
| Угловое ускорение                              | радиан на секунду<br>в квадрате        | рад/с <sup>2</sup>   | rad/s <sup>2</sup>   |
| Длина волны                                    | метр                                   | м                    | m                    |
| Сила                                           | ньютон                                 | Н                    | N                    |
| Вес                                            | ньютон                                 | Н                    | N                    |
| Плотность                                      | килограмм на кубический метр           | кг/м <sup>3</sup>    | kg/m <sup>3</sup>    |
| Удельный объем                                 | кубический метр на килограмм           | м <sup>3</sup> /кг   | m <sup>3</sup> /kg   |
| Удельный вес                                   | ньютон на кубический метр              | Н/м <sup>3</sup>     | N/m <sup>3</sup>     |
| Момент силы, момент пары сил                   | ньютон-метр                            | Н·м                  | N·m                  |
| Момент инерции (динамический момент инерции)   | килограмм-метр<br>в квадрате           | кг·м <sup>2</sup>    | kg·m <sup>2</sup>    |
| Полярный момент инерции площади плоской фигуры | метр в четвертой степени               | м <sup>4</sup>       | m <sup>4</sup>       |
| Момент сопротивления плоской фигуры отрезка    | метр в третьей степени                 | м <sup>3</sup>       | m <sup>3</sup>       |
| Давление                                       | паскаль                                | Па                   | Pa                   |
| Градиент давления                              | паскаль на метр                        | Па/м                 | Pa/m                 |
| Количество движения                            | килограмм-метр в секунду               | кг·м/с               | kg·m/s               |
| Момент количества движения                     | килограмм-метр<br>в квадрате в секунду | кг·м <sup>2</sup> /с | kg·m <sup>2</sup> /s |
| Работа, энергия                                | джоуль                                 | Дж                   | J                    |
| Мощность                                       | ватт                                   | Вт                   | W                    |
| Продольная и поперечная силы в сечении бруса   | ньютон                                 | Н                    | N                    |
| Интенсивность распределения нагрузки           | ньютон на метр                         | Н/м                  | N/m                  |
| Напряжение, касательное напряжение             | паскаль                                | Па                   | Pa                   |
| Угловая деформация (деформация сдвига)         | радиан                                 | рад                  | rad                  |

Продолжение табл. 5

| Величина                                                 | Единица               |             |               |
|----------------------------------------------------------|-----------------------|-------------|---------------|
|                                                          | Наименование          | Обозначение |               |
|                                                          |                       | русское     | международное |
| Модуль продольной упругости, модуль упругости при сдвиге | паскаль               | Па          | Pa            |
| Изгибающий момент, вращающий (крутящий момент)           | ньютон-метр           | Н·м         | N·m           |
| Жесткость:<br>при растяжении, сжатии                     | ньютон на метр        | Н/м         | N/m           |
| при кручении, изгибе                                     | ньютон-метр на радиан | Н·м/рад     | N·m/rad       |

## СВЕДЕНИЯ ИЗ МАТЕМАТИКИ

## 6. Некоторые постоянные и их десятичные логарифмы

| Величина         | $n$      | $\lg n$ | Величина             | $n$     | $\lg n$ |
|------------------|----------|---------|----------------------|---------|---------|
| $\pi$            | 3,1416   | 0,4971  | $\sqrt[3]{\pi}$      | 1,4646  | 0,1657  |
| $2\pi$           | 6,2832   | 0,7982  | $\sqrt[3]{4\pi : 3}$ | 1,6120  | 0,2074  |
| $3\pi$           | 9,4248   | 0,9743  | $\sqrt[3]{3 : 4\pi}$ | 0,6203  | 1,7926  |
| $4\pi$           | 12,5664  | 1,0992  | $1 : \pi^2$          | 0,1013  | 1,0057  |
| $6\pi$           | 18,8496  | 1,2753  | $1 : \sqrt{\pi}$     | 0,5642  | 1,7513  |
| $4\pi : 3$       | 4,1888   | 0,6221  | $\sqrt{2\pi}$        | 2,5066  | 0,3991  |
| $\pi : 2$        | 1,5708   | 0,1961  | $\sqrt{\pi : 2}$     | 1,2533  | 0,0981  |
| $\pi : 3$        | 1,0472   | 0,0200  | $\sqrt{2 : \pi}$     | 0,7979  | 1,9019  |
| $\pi : 4$        | 0,7854   | 1,8951  | $e$                  | 2,7183  | 0,4343  |
| $\pi : 6$        | 0,5236   | 1,7190  | $e^2$                | 7,3891  | 0,8686  |
| $\pi : 180$      | 0,0175   | 2,2419  | $e^3$                | 20,0855 | 1,3029  |
| $\pi : 10\ 800$  | 0,0003   | 4,4637  | $1 : e$              | 0,3679  | 1,5657  |
| $\pi : 648\ 000$ | 0,000005 | 6,6856  | $1 : e^2$            | 0,1353  | 1,1314  |
| $2 : \pi$        | 0,6366   | 1,8039  | $\sqrt{e}$           | 1,6487  | 0,2117  |
| $180 : \pi$      | 57,2958  | 1,7581  | $\sqrt[3]{e}$        | 1,3957  | 0,1448  |
| $1 : \pi$        | 0,3183   | 1,5028  | $g$                  | 9,81    | 0,9917  |

Продолжение табл. 6

| Величина          | $n$     | $\lg n$        | Величина       | $n$     | $\lg n$        |
|-------------------|---------|----------------|----------------|---------|----------------|
| $1 : 2\pi$        | 0,1592  | $\bar{1},2018$ | $g^2$          | 96,2361 | 1,9833         |
| $1 : 3\pi$        | 0,1061  | $\bar{1},0257$ | $\sqrt{g}$     | 3,1321  | 0,4958         |
| $1 : 4\pi$        | 0,0796  | $\bar{2},9008$ | $1 : g$        | 0,1019  | $\bar{1},0083$ |
| $\pi^2$           | 9,8696  | 0,9943         | $1 : g^2$      | 0,0104  | $\bar{2},0167$ |
| $2\pi^2$          | 19,7392 | 1,2953         | $1 : \sqrt{g}$ | 0,3193  | $\bar{1},5042$ |
| $\sqrt{\pi}$      | 1,7725  | 0,2486         | $\pi\sqrt{g}$  | 9,8398  | 0,9930         |
| $\sqrt{1 : \pi}$  | 0,5642  | $\bar{1},7513$ |                |         |                |
| $\sqrt{1 : 2\pi}$ | 0,3989  | $\bar{1},6009$ |                |         |                |

7. Квадраты, кубы, корни квадратные и кубические, десятичные логарифмы, обратные величины, длины окружностей и площади кругов для чисел ( $n, d$ ) от 1,0 до 10,0

| $n$  | $n^2$  | $n^3$    | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $\frac{1}{n}$ | $\lg n$ | $\pi d$ | $\frac{\pi d^2}{4}$ |
|------|--------|----------|------------|---------------|---------------|---------|---------|---------------------|
| 1,0  | 1,00   | 1,000    | 1,0000     | 1,0000        | 1,00000       | 0,00000 | 3,1416  | 0,78540             |
| 1,1  | 1,21   | 1,331    | 1,0488     | 1,0323        | 0,90909       | 0,04139 | 3,4558  | 0,95033             |
| 1,2  | 1,44   | 1,728    | 1,0954     | 1,0627        | 0,83333       | 0,07918 | 3,7699  | 1,13097             |
| 1,3  | 1,69   | 2,197    | 1,1402     | 1,0914        | 0,76923       | 0,11394 | 4,0841  | 1,32732             |
| 1,4  | 1,96   | 2,744    | 1,1832     | 1,1187        | 0,71429       | 0,14613 | 4,3982  | 1,53938             |
| 1,5  | 2,25   | 3,375    | 1,2247     | 1,1447        | 0,66667       | 0,17609 | 4,7124  | 1,76715             |
| 1,6  | 2,56   | 4,096    | 1,2649     | 1,1696        | 0,62500       | 0,20412 | 5,0265  | 2,01062             |
| 1,7  | 2,89   | 4,913    | 1,3038     | 1,1935        | 0,58823       | 0,23045 | 5,3407  | 2,26980             |
| 1,8  | 3,24   | 5,832    | 1,3416     | 1,2164        | 0,55556       | 0,25527 | 5,6549  | 2,54469             |
| 1,9  | 3,61   | 6,859    | 1,3784     | 1,2386        | 0,52632       | 0,27875 | 5,9690  | 2,83529             |
| 2,0  | 4,00   | 8,000    | 1,4142     | 1,2599        | 0,50000       | 0,30103 | 6,2832  | 3,14159             |
| 3,0  | 9,00   | 27,000   | 1,7321     | 1,4422        | 0,33333       | 0,47712 | 9,4248  | 7,06858             |
| 4,0  | 16,00  | 64,000   | 2,0000     | 1,5874        | 0,25000       | 0,60206 | 12,5660 | 12,56640            |
| 5,0  | 25,00  | 125,000  | 2,2361     | 1,7100        | 0,20000       | 0,69897 | 15,7080 | 19,63500            |
| 6,0  | 36,00  | 216,000  | 2,4495     | 1,8171        | 0,16667       | 0,77815 | 18,8500 | 28,27430            |
| 7,0  | 49,00  | 343,000  | 2,6458     | 1,9129        | 0,14286       | 0,84510 | 21,9910 | 38,48450            |
| 8,0  | 64,00  | 512,000  | 2,8284     | 2,0000        | 0,12500       | 0,90309 | 25,1330 | 50,26550            |
| 9,0  | 81,00  | 729,000  | 3,0000     | 2,0801        | 0,11111       | 0,95424 | 28,2740 | 63,61730            |
| 10,0 | 100,00 | 1000,000 | 3,1623     | 2,1544        | 0,10000       | 1,00000 | 31,4159 | 78,53980            |

8. Квадраты, кубы, корни квадратные и кубические,  
натуральные логарифмы и обратные величины чисел  
от 11 до 100

| $n$ | $n^2$ | $n^3$   | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $\ln n$ | $\frac{1000}{n}$ |
|-----|-------|---------|------------|---------------|---------|------------------|
| 11  | 121   | 1 331   | 3,3162     | 2,2240        | 2,39790 | 90,9091          |
| 12  | 144   | 1 728   | 3,4641     | 2,2894        | 2,48491 | 83,3333          |
| 13  | 169   | 2 197   | 3,6056     | 2,3513        | 2,56495 | 76,9231          |
| 14  | 196   | 2 744   | 3,7417     | 2,4101        | 2,63906 | 71,4286          |
| 15  | 225   | 3 375   | 3,8730     | 2,4662        | 2,70805 | 66,6667          |
| 16  | 256   | 4 096   | 4,0000     | 2,5198        | 2,77259 | 62,5000          |
| 17  | 289   | 4 913   | 4,1231     | 2,5713        | 2,83321 | 58,8235          |
| 18  | 324   | 5 832   | 4,2426     | 2,6207        | 2,89037 | 55,5556          |
| 19  | 361   | 6 859   | 4,3589     | 2,6684        | 2,94444 | 52,6316          |
| 20  | 400   | 8 000   | 4,4721     | 2,7144        | 2,99573 | 50,0000          |
| 21  | 441   | 9 261   | 4,5826     | 2,7589        | 3,04452 | 47,6190          |
| 22  | 484   | 10 648  | 4,6904     | 2,8020        | 3,09104 | 45,4545          |
| 23  | 529   | 12 167  | 4,7958     | 2,8439        | 3,13549 | 43,4783          |
| 24  | 576   | 13 824  | 4,8990     | 2,8845        | 3,17805 | 41,6667          |
| 25  | 625   | 15 625  | 5,0000     | 2,9240        | 3,21888 | 40,0000          |
| 26  | 676   | 17 576  | 5,0990     | 2,9625        | 3,25810 | 38,4615          |
| 27  | 729   | 19 683  | 5,1962     | 3,0000        | 3,29584 | 37,0370          |
| 28  | 784   | 21 952  | 5,2915     | 3,0366        | 3,33220 | 35,7143          |
| 29  | 841   | 24 389  | 5,3852     | 3,0723        | 3,36730 | 34,4828          |
| 30  | 900   | 27 000  | 5,4772     | 3,1072        | 3,40120 | 33,3333          |
| 31  | 961   | 29 791  | 5,5678     | 3,1414        | 3,43399 | 32,2581          |
| 32  | 1024  | 32 768  | 5,6569     | 3,1748        | 3,46574 | 31,2500          |
| 33  | 1089  | 35 937  | 5,7446     | 3,2075        | 3,49651 | 30,3030          |
| 34  | 1156  | 39 304  | 5,8310     | 3,2396        | 3,52636 | 29,4118          |
| 35  | 1225  | 42 875  | 5,9161     | 3,2711        | 3,55535 | 28,5714          |
| 36  | 1296  | 46 656  | 6,0000     | 3,3019        | 3,58352 | 27,7778          |
| 37  | 1369  | 50 653  | 6,0828     | 3,3322        | 3,61092 | 27,0270          |
| 38  | 1444  | 54 872  | 6,1644     | 3,3620        | 3,63759 | 26,3158          |
| 39  | 1521  | 59 319  | 6,2450     | 3,3912        | 3,66356 | 25,6410          |
| 40  | 1600  | 64 000  | 6,3246     | 3,4200        | 3,68888 | 25,0000          |
| 41  | 1681  | 68 921  | 6,4031     | 3,4482        | 3,71357 | 24,3902          |
| 42  | 1764  | 74 088  | 6,4807     | 3,4760        | 3,73767 | 23,8095          |
| 43  | 1849  | 79 507  | 6,5574     | 3,5034        | 3,76120 | 23,2558          |
| 44  | 1936  | 85 184  | 6,6332     | 3,5303        | 3,78419 | 22,7273          |
| 45  | 2025  | 91 125  | 6,7082     | 3,5569        | 3,80666 | 22,2222          |
| 46  | 2116  | 97 336  | 6,7823     | 3,5830        | 3,82864 | 21,7394          |
| 47  | 2209  | 103 823 | 6,8557     | 3,6088        | 3,85015 | 21,2766          |
| 48  | 2304  | 110 592 | 6,9282     | 3,6342        | 3,87120 | 20,8333          |
| 49  | 2401  | 117 649 | 7,0000     | 3,6593        | 3,89182 | 20,4082          |
| 50  | 2500  | 125 000 | 7,0711     | 3,6840        | 3,91202 | 20,0000          |
| 51  | 2601  | 132 651 | 7,1414     | 3,7084        | 3,93183 | 19,6078          |
| 52  | 2704  | 140 608 | 7,2111     | 3,7325        | 3,95124 | 19,2308          |
| 53  | 2809  | 148 877 | 7,2801     | 3,7563        | 3,97029 | 18,8679          |

Продолжение табл. 8

| $n$ | $n^2$  | $n^3$     | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $\lg n$ | $\frac{1000}{n}$ |
|-----|--------|-----------|------------|---------------|---------|------------------|
| 54  | 2916   | 157 464   | 7,3485     | 3,7798        | 3,98898 | 18,5185          |
| 55  | 3025   | 166 375   | 7,4162     | 3,8030        | 4,00733 | 18,1818          |
| 56  | 3136   | 175 616   | 7,4833     | 3,8259        | 4,02535 | 17,8571          |
| 57  | 3249   | 185 193   | 7,5498     | 3,8485        | 4,04305 | 17,5439          |
| 58  | 3364   | 195 112   | 7,6158     | 3,8709        | 4,06044 | 17,2414          |
| 59  | 3481   | 205 379   | 7,6811     | 3,8930        | 4,07754 | 16,9492          |
| 60  | 3600   | 216 000   | 7,7460     | 3,9149        | 4,09434 | 16,6667          |
| 61  | 3721   | 226 981   | 7,8102     | 3,9365        | 4,11087 | 16,3934          |
| 62  | 3844   | 238 328   | 7,8740     | 3,9579        | 4,12713 | 16,1290          |
| 63  | 3969   | 250 047   | 7,9373     | 3,9791        | 4,14313 | 15,8730          |
| 64  | 4096   | 262 144   | 8,0000     | 4,0000        | 4,15888 | 15,6250          |
| 65  | 4225   | 274 625   | 8,0623     | 4,0207        | 4,17439 | 15,3846          |
| 66  | 4356   | 287 496   | 8,1240     | 4,0412        | 4,18965 | 15,1515          |
| 67  | 4489   | 300 763   | 8,1854     | 4,0615        | 4,20469 | 14,9254          |
| 68  | 4624   | 314 432   | 8,2462     | 4,0817        | 4,21951 | 14,7059          |
| 69  | 4761   | 328 509   | 8,3066     | 4,1016        | 4,23411 | 14,4928          |
| 70  | 4900   | 343 000   | 8,3666     | 4,1213        | 4,24850 | 14,2857          |
| 71  | 5041   | 357 911   | 8,4261     | 4,1408        | 4,26268 | 14,0845          |
| 72  | 5184   | 373 248   | 8,4853     | 4,1602        | 4,27667 | 13,8889          |
| 73  | 5329   | 389 017   | 8,5440     | 4,1793        | 4,29046 | 13,6986          |
| 74  | 5476   | 405 224   | 8,6023     | 4,1983        | 4,30407 | 13,5135          |
| 75  | 5625   | 421 775   | 8,6603     | 4,2172        | 4,31749 | 13,3333          |
| 76  | 5776   | 438 976   | 8,7178     | 4,2358        | 4,33073 | 13,1579          |
| 77  | 5929   | 456 533   | 8,7750     | 4,2543        | 4,34381 | 12,9870          |
| 78  | 6084   | 474 552   | 8,8318     | 4,2727        | 4,35671 | 12,8205          |
| 79  | 6241   | 493 039   | 8,8882     | 4,2908        | 4,36945 | 12,6582          |
| 80  | 6400   | 512 000   | 8,9443     | 4,3089        | 4,38203 | 12,5000          |
| 81  | 6561   | 531 441   | 9,0000     | 4,3267        | 4,39445 | 12,3457          |
| 82  | 6724   | 551 368   | 9,0554     | 4,3445        | 4,40672 | 12,1951          |
| 83  | 6889   | 571 787   | 9,1104     | 4,3621        | 4,41884 | 12,0482          |
| 84  | 7056   | 592 704   | 9,1652     | 4,3795        | 4,43082 | 11,9048          |
| 85  | 7225   | 614 125   | 9,2195     | 4,3968        | 4,44265 | 11,7647          |
| 86  | 7396   | 636 056   | 9,2736     | 4,4140        | 4,45435 | 11,6279          |
| 87  | 7569   | 658 503   | 9,3274     | 4,4310        | 4,46591 | 11,4943          |
| 88  | 7744   | 681 472   | 9,3808     | 4,4480        | 4,47734 | 11,3636          |
| 89  | 7921   | 704 969   | 9,4340     | 4,4647        | 4,48864 | 11,2360          |
| 90  | 8100   | 729 000   | 9,4868     | 4,4814        | 4,49981 | 11,1111          |
| 91  | 8281   | 753 571   | 9,5394     | 4,4979        | 4,51086 | 10,9890          |
| 92  | 8464   | 777 688   | 9,5917     | 4,5144        | 4,52179 | 10,8696          |
| 93  | 8649   | 804 357   | 9,6437     | 4,5307        | 4,53260 | 10,7527          |
| 94  | 8836   | 830 584   | 9,6954     | 4,5468        | 4,54329 | 10,6383          |
| 95  | 9025   | 857 375   | 9,7468     | 4,5629        | 4,55388 | 10,5263          |
| 96  | 9216   | 884 736   | 9,7980     | 4,5789        | 4,56435 | 10,4167          |
| 97  | 9409   | 912 673   | 9,8489     | 4,5947        | 4,57471 | 10,3093          |
| 98  | 9604   | 941 192   | 9,8995     | 4,6104        | 4,58497 | 10,2041          |
| 99  | 9801   | 970 229   | 9,9499     | 4,6261        | 4,59512 | 10,1010          |
| 100 | 10 000 | 1 000 000 | 10,0000    | 4,6416        | 4,60517 | 10,0000          |



## 9. Корни из чисел, меньших единицы

| $n$  | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $n$  | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ |
|------|------------|---------------|------|------------|---------------|
| 0,01 | 0,1000     | 0,2154        | 1/4  | 0,5000     | 0,6300        |
| 0,02 | 0,1414     | 0,2714        | 3/4  | 0,8660     | 0,9086        |
| 0,03 | 0,1732     | 0,3107        | 1/6  | 0,4083     | 0,5503        |
| 0,04 | 0,2000     | 0,3420        | 5/6  | 0,9129     | 0,9410        |
| 0,05 | 0,2236     | 0,3684        | 1/7  | 0,3780     | 0,5228        |
| 0,06 | 0,2449     | 0,3915        | 2/7  | 0,5345     | 0,6586        |
| 0,07 | 0,2646     | 0,4121        | 3/7  | 0,6547     | 0,7540        |
| 0,08 | 0,2828     | 0,4309        | 4/7  | 0,7559     | 0,8298        |
| 0,09 | 0,3000     | 0,4481        | 5/7  | 0,8452     | 0,8939        |
| 0,1  | 0,3162     | 0,4642        | 6/7  | 0,9258     | 0,9499        |
| 0,2  | 0,4472     | 0,5848        | 1/8  | 0,3536     | 0,5000        |
| 0,25 | 0,5000     | 0,6300        | 3/8  | 0,6124     | 0,7211        |
| 0,3  | 0,5477     | 0,6694        | 5/8  | 0,7906     | 0,8550        |
| 0,4  | 0,6325     | 0,7368        | 7/8  | 0,9354     | 0,9565        |
| 0,5  | 0,7071     | 0,7937        | 1/9  | 0,3333     | 0,4808        |
| 0,6  | 0,7746     | 0,8434        | 2/9  | 0,4714     | 0,6057        |
| 0,7  | 0,8367     | 0,8379        | 4/9  | 0,6667     | 0,7631        |
| 0,75 | 0,8660     | 0,9086        | 5/9  | 0,7454     | 0,8221        |
| 0,8  | 0,8944     | 0,9283        | 7/9  | 0,8819     | 0,9196        |
| 0,9  | 0,9787     | 0,9655        | 1/12 | 0,2887     | 0,4368        |
| 1/3  | 0,5774     | 0,6934        | 5/12 | 0,6455     | 0,7469        |
| 2/3  | 0,8165     | 0,8736        | 7/12 | 0,7638     | 0,8356        |

10. Перевод градусной меры в радианную  
(длина дуг окружности радиуса, равного 1;  
1 рад = 57° 17' 44"; 1° = 0,017453 рад)

| Угол | Дуга     | Угол | Дуга     | Угол | Дуга     | Угол | Дуга     |
|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|
| 1"   | 0,000005 | 1'   | 0,000291 | 1°   | 0,017453 | 20°  | 0,349066 |
| 2"   | 0,000010 | 2'   | 0,000582 | 2°   | 0,034907 | 30°  | 0,523599 |
| 3"   | 0,000015 | 3'   | 0,000873 | 3°   | 0,052360 | 40°  | 0,698132 |
| 4"   | 0,000019 | 4'   | 0,001164 | 4°   | 0,069813 | 50°  | 0,872665 |
| 5"   | 0,000024 | 5'   | 0,001454 | 5°   | 0,087266 | 60°  | 1,047198 |
| 6"   | 0,000029 | 6'   | 0,001745 | 6°   | 0,104720 | 90°  | 1,570796 |
| 7"   | 0,000034 | 7'   | 0,002036 | 7°   | 0,122173 | 180° | 3,141593 |
| 8"   | 0,000039 | 8'   | 0,002327 | 8°   | 0,139626 | 270  | 4,712389 |
| 9"   | 0,000044 | 9'   | 0,002618 | 9°   | 0,157080 | 360° | 6,283185 |
| 10"  | 0,000049 | 10'  | 0,002909 | 10°  | 0,174533 |      |          |

# 11. Основные свойства логарифмов при одном и том же основании $a \neq 1$

| Свойство                                                                                          | Формула                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| При любом основании логарифм единицы равен нулю                                                   | $\log_a 1 = 0$                                                                                    |
| Логарифм самого основания равен единице                                                           | $\log_a a = 1$                                                                                    |
| Логарифм нуля равен бесконечности                                                                 | $\log_a 0 = \begin{cases} -\infty & \text{при } a > 1 \\ +\infty & \text{при } a < 1 \end{cases}$ |
| Логарифм произведения равен сумме логарифмов сомножителей                                         | $\log_a (bc) = \log_a b + \log_a c$                                                               |
| Логарифм частного (дроби) равен разности логарифмов делимого (числителя) и делителя (знаменателя) | $\log_a \frac{b}{c} = \log_a b - \log_a c$                                                        |
| Логарифм степени равен произведению показателя степени на логарифм ее основания                   | $\log_a b^m = m \log_a b$                                                                         |
| Логарифм корня равен частному от деления логарифма подкоренного выражения на показатель корня     | $\log_a \sqrt[m]{b} = \frac{\log_a b}{m}$                                                         |

## 12. Десятичные логарифмы<sup>1</sup>

| N  | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 10 | 0000 | 0043 | 0086 | 0128 | 0170 | 0212 | 0253 | 0294 | 0334 | 0374 |
| 11 | 0414 | 0453 | 0492 | 0531 | 0569 | 0607 | 0645 | 0682 | 0719 | 0755 |
| 12 | 0792 | 0828 | 0864 | 0899 | 0934 | 0969 | 1004 | 1038 | 1072 | 1106 |
| 13 | 1139 | 1173 | 1206 | 1239 | 1271 | 1303 | 1335 | 1567 | 1399 | 1430 |
| 14 | 1461 | 1492 | 1523 | 1553 | 1584 | 1614 | 1644 | 1673 | 1703 | 1732 |
| 15 | 1761 | 1790 | 1818 | 1847 | 1875 | 1903 | 1931 | 1959 | 1987 | 2014 |
| 16 | 2041 | 2068 | 2095 | 2122 | 2148 | 2175 | 2201 | 2227 | 2253 | 2279 |
| 17 | 2304 | 2330 | 2355 | 2380 | 2405 | 2430 | 2455 | 2480 | 2504 | 2529 |
| 18 | 2553 | 2577 | 2601 | 2625 | 2648 | 2672 | 2695 | 2718 | 2742 | 2765 |

Продолжение табл. 12

| N  | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 19 | 2788 | 2810 | 2833 | 2856 | 2878 | 2900 | 2923 | 2945 | 2967 | 2989 |
| 20 | 3010 | 3032 | 3054 | 3075 | 3096 | 3118 | 3139 | 3160 | 3181 | 3201 |
| 21 | 3222 | 3243 | 3263 | 3284 | 3304 | 3324 | 3345 | 3365 | 3385 | 3404 |
| 22 | 3424 | 3444 | 3464 | 3483 | 3502 | 3522 | 3541 | 3560 | 3579 | 3598 |
| 23 | 3617 | 3636 | 3655 | 3674 | 3692 | 3711 | 3729 | 3747 | 3766 | 3784 |
| 24 | 3802 | 3820 | 3838 | 3856 | 3874 | 3892 | 3909 | 3927 | 3945 | 3962 |
| 25 | 3979 | 3997 | 4014 | 4031 | 4048 | 4065 | 4082 | 4099 | 4116 | 4133 |
| 26 | 4150 | 4166 | 4183 | 4200 | 4216 | 4232 | 4249 | 4265 | 4281 | 4298 |
| 27 | 4314 | 4330 | 4346 | 4362 | 4378 | 4393 | 4409 | 4425 | 4440 | 4456 |
| 28 | 4472 | 4487 | 4502 | 4518 | 4533 | 4548 | 4564 | 4579 | 4594 | 4609 |
| 29 | 4624 | 4639 | 4654 | 4669 | 4683 | 4698 | 4713 | 4728 | 4742 | 4757 |
| 30 | 4771 | 4786 | 4800 | 4814 | 4829 | 4843 | 4857 | 4871 | 4886 | 4900 |
| 31 | 4914 | 4928 | 4942 | 4955 | 4969 | 4983 | 4997 | 5011 | 5024 | 5038 |
| 32 | 5051 | 5065 | 5079 | 5092 | 5105 | 5119 | 5132 | 5145 | 5159 | 5172 |
| 33 | 5185 | 5198 | 5211 | 5224 | 5237 | 5250 | 5263 | 5276 | 5289 | 5302 |
| 34 | 5315 | 5328 | 5340 | 5353 | 5366 | 5378 | 5391 | 5403 | 5416 | 5428 |
| 35 | 5441 | 5453 | 5465 | 5478 | 5490 | 5502 | 5514 | 5527 | 5539 | 5551 |
| 36 | 5563 | 5575 | 5587 | 5599 | 5611 | 5623 | 5635 | 5647 | 5658 | 5670 |
| 37 | 5682 | 5694 | 5705 | 5717 | 5729 | 5740 | 5752 | 5763 | 5775 | 5786 |
| 38 | 5798 | 5809 | 5821 | 5832 | 5843 | 5855 | 5866 | 5877 | 5888 | 5899 |
| 39 | 5911 | 5922 | 5933 | 5944 | 5955 | 5966 | 5977 | 5988 | 5999 | 6010 |
| 40 | 6021 | 6031 | 6042 | 6053 | 6064 | 6075 | 6085 | 6096 | 6107 | 6117 |
| 41 | 6128 | 6138 | 6149 | 6160 | 6170 | 6180 | 6191 | 6201 | 6212 | 6222 |
| 42 | 6232 | 6243 | 6253 | 6263 | 6274 | 6284 | 6294 | 6304 | 6314 | 6325 |
| 43 | 6335 | 6345 | 6355 | 6365 | 6375 | 6385 | 6395 | 6405 | 6415 | 6425 |
| 44 | 6435 | 6444 | 6454 | 6464 | 6474 | 6484 | 6493 | 6503 | 6513 | 6522 |
| 45 | 6532 | 6542 | 6551 | 6561 | 6571 | 6580 | 6590 | 6599 | 6609 | 6618 |
| 46 | 6628 | 6637 | 6646 | 6656 | 6665 | 6675 | 6684 | 6693 | 6702 | 6712 |
| 47 | 6721 | 6730 | 6739 | 6749 | 6758 | 6767 | 6776 | 6785 | 6794 | 6803 |
| 48 | 6812 | 6821 | 6830 | 6838 | 6848 | 6857 | 6866 | 6875 | 6884 | 6893 |
| 49 | 6902 | 6911 | 6920 | 6928 | 6937 | 6946 | 6955 | 6964 | 6972 | 6981 |
| 50 | 6990 | 6998 | 7007 | 7016 | 7024 | 7033 | 7042 | 7050 | 7059 | 7067 |
| 51 | 7076 | 7084 | 7093 | 7101 | 7110 | 7118 | 7126 | 7135 | 7143 | 7152 |
| 52 | 7160 | 7168 | 7177 | 7185 | 7193 | 7202 | 7210 | 7218 | 7226 | 7235 |
| 53 | 7243 | 7251 | 7259 | 7267 | 7275 | 7284 | 7292 | 7300 | 7308 | 7316 |
| 54 | 7324 | 7332 | 7340 | 7348 | 7356 | 7364 | 7372 | 7380 | 7388 | 7396 |
| 55 | 7404 | 7412 | 7419 | 7427 | 7435 | 7443 | 7451 | 7459 | 7466 | 7474 |
| 56 | 7482 | 7490 | 7497 | 7505 | 7513 | 7520 | 7528 | 7536 | 7543 | 7551 |
| 57 | 7559 | 7566 | 7574 | 7582 | 7589 | 7597 | 7604 | 7612 | 7619 | 7627 |
| 58 | 7634 | 7642 | 7649 | 7657 | 7664 | 7672 | 7679 | 7686 | 7694 | 7701 |
| 59 | 7709 | 7716 | 7723 | 7731 | 7738 | 7745 | 7752 | 7760 | 7767 | 7774 |
| 60 | 7782 | 7789 | 7796 | 7803 | 7810 | 7818 | 7825 | 7832 | 7839 | 7846 |
| 61 | 7853 | 7860 | 7868 | 7875 | 7882 | 7889 | 7896 | 7903 | 7910 | 7917 |
| 62 | 7924 | 7931 | 7938 | 7945 | 7952 | 7959 | 7966 | 7973 | 7980 | 7987 |
| 63 | 7993 | 8000 | 8007 | 8014 | 8021 | 8028 | 8035 | 8041 | 8048 | 8055 |

Продолжение табл. 12

| N  | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 64 | 8062 | 8069 | 8075 | 8082 | 8089 | 8096 | 8102 | 8109 | 8116 | 8122 |
| 65 | 8129 | 8136 | 8142 | 8149 | 8156 | 8162 | 8169 | 8176 | 8182 | 8189 |
| 66 | 8195 | 8202 | 8209 | 8215 | 8222 | 8228 | 8235 | 8241 | 8248 | 8254 |
| 67 | 8261 | 8267 | 8274 | 8280 | 8287 | 8293 | 8299 | 8306 | 8312 | 8319 |
| 68 | 8325 | 8331 | 8338 | 8344 | 8351 | 8357 | 8363 | 8370 | 8376 | 8382 |
| 69 | 8388 | 8395 | 8401 | 8407 | 8414 | 8420 | 8426 | 8432 | 8439 | 8445 |
| 70 | 8451 | 8457 | 8463 | 8470 | 8476 | 8482 | 8488 | 8494 | 8500 | 8506 |
| 71 | 8513 | 8519 | 8525 | 8531 | 8537 | 8543 | 8549 | 8555 | 8561 | 8567 |
| 72 | 8573 | 8579 | 8585 | 8591 | 8597 | 8603 | 8609 | 8615 | 8621 | 8627 |
| 73 | 8633 | 8639 | 8645 | 8651 | 8657 | 8663 | 8669 | 8675 | 8681 | 8686 |
| 74 | 8692 | 8698 | 8704 | 8710 | 8716 | 8722 | 8727 | 8733 | 8739 | 8745 |
| 75 | 8751 | 8756 | 8762 | 8768 | 8774 | 8779 | 8785 | 8791 | 8797 | 8802 |
| 76 | 8808 | 8814 | 8820 | 8825 | 8831 | 8837 | 8842 | 8848 | 8854 | 8859 |
| 77 | 8865 | 8871 | 8876 | 8882 | 8887 | 8893 | 8899 | 8904 | 8910 | 8915 |
| 78 | 8921 | 8927 | 8932 | 8938 | 8943 | 8949 | 8954 | 8960 | 8965 | 8971 |
| 79 | 8976 | 8982 | 8987 | 8993 | 8998 | 9004 | 9009 | 9015 | 9020 | 9025 |
| 80 | 9031 | 9036 | 9042 | 9047 | 9053 | 9058 | 9063 | 9069 | 9074 | 9079 |
| 81 | 9085 | 9090 | 9096 | 9101 | 9106 | 9112 | 9117 | 9122 | 9128 | 9133 |
| 82 | 9138 | 9143 | 9149 | 9154 | 9159 | 9165 | 9170 | 9175 | 9180 | 9186 |
| 83 | 9191 | 9196 | 9201 | 9206 | 9212 | 9217 | 9222 | 9227 | 9232 | 9238 |
| 84 | 9243 | 9248 | 9253 | 9258 | 9263 | 9269 | 9274 | 9279 | 9284 | 9289 |
| 85 | 9294 | 9299 | 9304 | 9309 | 9315 | 9320 | 9325 | 9330 | 9335 | 9340 |
| 86 | 9345 | 9350 | 9355 | 9360 | 9365 | 9370 | 9375 | 9380 | 9385 | 9390 |
| 87 | 9395 | 9400 | 9405 | 9410 | 9415 | 9420 | 9425 | 9430 | 9435 | 9440 |
| 88 | 9445 | 9450 | 9455 | 9460 | 9465 | 9469 | 9474 | 9479 | 9484 | 9489 |
| 89 | 9494 | 9499 | 9504 | 9509 | 9513 | 9518 | 9523 | 9528 | 9533 | 9538 |
| 90 | 9542 | 9547 | 9552 | 9557 | 9562 | 9566 | 9571 | 9576 | 9581 | 9586 |
| 91 | 9590 | 9595 | 9600 | 9605 | 9609 | 9614 | 9619 | 9624 | 9628 | 9633 |
| 92 | 9698 | 9643 | 9647 | 9652 | 9657 | 9661 | 9666 | 9671 | 9675 | 9680 |
| 93 | 9685 | 9689 | 9694 | 9699 | 9703 | 9708 | 9713 | 9717 | 9722 | 9727 |
| 94 | 9731 | 9736 | 9741 | 9745 | 9750 | 9754 | 9759 | 9763 | 9768 | 9773 |
| 95 | 9777 | 9782 | 9786 | 9791 | 9795 | 9800 | 9805 | 9809 | 9814 | 9818 |
| 96 | 9823 | 9827 | 9832 | 9836 | 9841 | 9845 | 9850 | 9854 | 9859 | 9863 |
| 97 | 9868 | 9872 | 9877 | 9881 | 9886 | 9890 | 9894 | 9899 | 9903 | 9908 |
| 98 | 9912 | 9917 | 9921 | 9926 | 9930 | 9934 | 9936 | 9943 | 9948 | 9952 |
| 99 | 9956 | 9961 | 9965 | 9969 | 9974 | 9978 | 9983 | 9987 | 9991 | 9996 |

<sup>1</sup> Таблица предназначена для нахождения мантисс десятичных логарифмов чисел. Для трехзначного числа мантиссу находят на пересечении строки, в которой (графа N) находятся две первые цифры числа, и графы, совпадающей с третьей цифрой числа; например, мантиссу числа 395 находят на пересечении строки 39 и графы 5 — 5966, а числа 119 находят на пересечении строки 11 и графы 9 — 0755.

Мантиссы одно- и двухзначных чисел находят на пересечении строки, в которой находится двухзначное число или увеличенное в 10 раз однозначное число, и графы 0; так, для чисел 600, 60 и 6 мантисса равна 7782.

больше числа нулей после запятой, например,  $\lg 0,4532 = \bar{1}, \dots$ ;  $\lg 0,0034 = \bar{3}, \dots$ ;  $\lg 0,00004 = \bar{5}, \dots$

При умножении (или делении) числа на 10, 100, 1000... (т. е. на единицу с последующими нулями) положительная мантисса не изменяется, а характеристика увеличивается (или уменьшается) на столько единиц, сколько нулей во множителе (или делителе); например,  $\lg 148 = 2,1703$ ;  $\lg 14800 = 4,1703$ ;  $\lg 0,00148 = \bar{3},1703$ .

Чтобы преобразовать логарифм с положительной мантиссой в логарифм с отрицательной мантиссой, надо к характеристике прибавить  $+1$ , а мантиссу вычесть из 1, например,  $\bar{2},6219 = (-2 + 1) + (1 - 0,6219) = -1,3781$ .

Чтобы преобразовать логарифм с отрицательной мантиссой в логарифм с положительной мантиссой (в «искусственную» форму), надо к характеристике прибавить  $-1$ , а к мантиссе прибавить  $+1$ , например,  $-1,3781 = (-1 - 1) + (-0,3781 + 1) = \bar{2},6219$ .

Использование логарифмов значительно упрощает расчеты, связанные с возведением в степень, извлечением корней, особенно когда числа многозначные, а показатели степеней и корней дробные.

**Пример расчета с использованием логарифмов.** Для некоторых заданных условий токарной обработки скорость резания (м/мин)

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 4^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} 1,25 \cdot 0,65 \cdot 0,7 = \frac{198,86}{60^{0,2} \cdot 4^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}}.$$

Пользуясь табл. 11 и 12, запишем:

$$\begin{aligned} \lg v &= \lg 198,86 - 0,2 \lg 60 - 0,15 \lg 4 - \\ &\quad - 0,35 \lg 0,5 = 2,2989 - 0,2 \cdot 1,7782 - \\ &\quad - 0,15 \cdot 0,6021 - 0,35 \cdot \bar{1},6990 = \\ &= 2,2989 - 0,3556 - 0,0903 + \\ &\quad + 0,1056^* = 1,9586. \end{aligned}$$

$$\lg v = 1,9586 \text{ по табл. 13 } v = 90,9 \text{ м/мин.}$$

**Пропорции.** Пропорцией называют равенство двух отношений  $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$  или  $a : b = c : d$ ;  $a$  и  $d$  называют

\*  $-0,35 \cdot \bar{1},6990 = -0,35(-1 + 1) + (1 - 0,6990) = -0,35 \times \times (-0,3010) = +0,1056$ .

13. Антилогарифмы<sup>1</sup>

| N  | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 00 | 1000 | 1002 | 1005 | 1007 | 1009 | 1012 | 1014 | 1016 | 1019 | 1021 |
| 01 | 1023 | 1026 | 1028 | 1030 | 1033 | 1035 | 1038 | 1040 | 1042 | 1045 |
| 02 | 1047 | 1050 | 1052 | 1054 | 1057 | 1059 | 1062 | 1064 | 1067 | 1069 |
| 03 | 1072 | 1074 | 1076 | 1079 | 1081 | 1084 | 1086 | 1089 | 1091 | 1094 |
| 04 | 1096 | 1099 | 1102 | 1104 | 1107 | 1109 | 1112 | 1114 | 1117 | 1119 |
| 05 | 1122 | 1125 | 1127 | 1130 | 1132 | 1135 | 1138 | 1140 | 1143 | 1146 |
| 06 | 1148 | 1151 | 1153 | 1156 | 1159 | 1161 | 1164 | 1167 | 1169 | 1172 |
| 07 | 1175 | 1178 | 1180 | 1183 | 1186 | 1189 | 1191 | 1194 | 1197 | 1199 |
| 08 | 1202 | 1205 | 1208 | 1211 | 1213 | 1216 | 1219 | 1222 | 1225 | 1227 |
| 09 | 1230 | 1233 | 1236 | 1239 | 1242 | 1245 | 1247 | 1250 | 1253 | 1256 |
| 10 | 1259 | 1262 | 1265 | 1268 | 1271 | 1274 | 1276 | 1279 | 1282 | 1285 |
| 11 | 1288 | 1291 | 1294 | 1297 | 1300 | 1303 | 1306 | 1309 | 1312 | 1315 |
| 12 | 1318 | 1321 | 1324 | 1327 | 1330 | 1334 | 1337 | 1340 | 1343 | 1346 |
| 13 | 1349 | 1352 | 1355 | 1358 | 1361 | 1365 | 1368 | 1371 | 1374 | 1377 |
| 14 | 1380 | 1384 | 1387 | 1390 | 1393 | 1396 | 1400 | 1403 | 1406 | 1409 |
| 15 | 1413 | 1416 | 1419 | 1422 | 1426 | 1429 | 1432 | 1435 | 1439 | 1442 |
| 16 | 1445 | 1449 | 1452 | 1455 | 1459 | 1462 | 1466 | 1469 | 1472 | 1476 |
| 17 | 1479 | 1483 | 1486 | 1489 | 1493 | 1496 | 1500 | 1503 | 1507 | 1510 |
| 18 | 1514 | 1517 | 1521 | 1534 | 1528 | 1531 | 1535 | 1538 | 1542 | 1545 |
| 19 | 1549 | 1552 | 1556 | 1560 | 1563 | 1567 | 1570 | 1574 | 1578 | 1581 |
| 20 | 1585 | 1589 | 1592 | 1596 | 1600 | 1603 | 1607 | 1611 | 1614 | 1618 |
| 21 | 1622 | 1626 | 1629 | 1633 | 1637 | 1641 | 1644 | 1648 | 1652 | 1656 |
| 22 | 1660 | 1663 | 1667 | 1671 | 1675 | 1679 | 1683 | 1687 | 1690 | 1694 |
| 23 | 1698 | 1702 | 1706 | 1710 | 1714 | 1718 | 1722 | 1726 | 1730 | 1734 |
| 24 | 1738 | 1742 | 1746 | 1750 | 1754 | 1758 | 1762 | 1766 | 1770 | 1774 |
| 25 | 1778 | 1782 | 1786 | 1791 | 1795 | 1799 | 1803 | 1807 | 1811 | 1816 |
| 26 | 1820 | 1824 | 1828 | 1832 | 1837 | 1841 | 1845 | 1849 | 1854 | 1858 |
| 27 | 1862 | 1867 | 1871 | 1875 | 1879 | 1884 | 1888 | 1892 | 1897 | 1901 |
| 28 | 1905 | 1910 | 1914 | 1919 | 1923 | 1928 | 1932 | 1936 | 1941 | 1945 |
| 29 | 1950 | 1954 | 1959 | 1963 | 1968 | 1972 | 1977 | 1982 | 1986 | 1991 |
| 30 | 1995 | 2000 | 2004 | 2009 | 2014 | 2018 | 2023 | 2028 | 2032 | 2037 |
| 31 | 2042 | 2046 | 2051 | 2056 | 2061 | 2065 | 2070 | 2075 | 2080 | 2084 |
| 32 | 2089 | 2094 | 2099 | 2104 | 2109 | 2113 | 2118 | 2123 | 2128 | 2133 |
| 33 | 2138 | 2143 | 2148 | 2153 | 2158 | 2163 | 2168 | 2173 | 2178 | 2183 |
| 34 | 2188 | 2193 | 2198 | 2203 | 2208 | 2213 | 2218 | 2223 | 2228 | 2234 |
| 35 | 2239 | 2244 | 2249 | 2254 | 2259 | 2265 | 2270 | 2275 | 2280 | 2286 |
| 36 | 2291 | 2296 | 2301 | 2307 | 2312 | 2317 | 2323 | 2328 | 2333 | 2339 |
| 37 | 2344 | 2350 | 2355 | 2360 | 2366 | 2371 | 2377 | 2382 | 2388 | 2393 |
| 38 | 2399 | 2404 | 2410 | 2415 | 2421 | 2427 | 2432 | 2438 | 2443 | 2449 |
| 39 | 2455 | 2460 | 2466 | 2472 | 2477 | 2483 | 2489 | 2495 | 2500 | 2506 |
| 40 | 2512 | 2518 | 2523 | 2529 | 2535 | 2541 | 2547 | 2553 | 2559 | 2564 |
| 41 | 2570 | 2576 | 2582 | 2588 | 2594 | 2600 | 2606 | 2612 | 2618 | 2624 |
| 42 | 2630 | 2636 | 2642 | 2649 | 2655 | 2661 | 2667 | 2673 | 2679 | 2685 |
| 43 | 2692 | 2698 | 2704 | 2710 | 2716 | 2723 | 2729 | 2735 | 2742 | 2748 |
| 44 | 2754 | 2761 | 2767 | 2773 | 2780 | 2786 | 2793 | 2799 | 2805 | 2812 |

Продолжение табл. 13

| N  | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 45 | 2818 | 2825 | 2831 | 2838 | 2844 | 2851 | 2858 | 2864 | 2871 | 2877 |
| 46 | 2884 | 2891 | 2897 | 2904 | 2911 | 2917 | 2924 | 2931 | 2938 | 2944 |
| 47 | 2951 | 2958 | 2965 | 2972 | 2979 | 2985 | 2992 | 2999 | 3006 | 3013 |
| 48 | 3020 | 3027 | 3034 | 3041 | 3048 | 3055 | 3062 | 3069 | 3076 | 3083 |
| 49 | 3090 | 3097 | 3105 | 3112 | 3119 | 3126 | 3133 | 3141 | 3148 | 3155 |
| 50 | 3162 | 3170 | 3177 | 3184 | 3192 | 3199 | 3206 | 3214 | 3221 | 3228 |
| 51 | 3236 | 3243 | 3251 | 3258 | 3266 | 3273 | 3281 | 3289 | 3296 | 3304 |
| 52 | 3311 | 3319 | 3327 | 3334 | 3342 | 3350 | 3357 | 3365 | 3373 | 3381 |
| 53 | 3388 | 3396 | 3404 | 3412 | 3420 | 3428 | 3436 | 3443 | 3451 | 3459 |
| 54 | 3467 | 3475 | 3483 | 3491 | 3499 | 3508 | 3516 | 3524 | 3532 | 3540 |
| 55 | 3548 | 3556 | 3565 | 3573 | 3581 | 3589 | 3597 | 3606 | 3614 | 3622 |
| 56 | 3631 | 3639 | 3648 | 3656 | 3664 | 3673 | 3681 | 3690 | 3698 | 3707 |
| 57 | 3715 | 3724 | 3733 | 3741 | 3750 | 3758 | 3767 | 3776 | 3784 | 3793 |
| 58 | 3802 | 3811 | 3819 | 3828 | 3837 | 3846 | 3855 | 3864 | 3873 | 3882 |
| 59 | 3890 | 3899 | 3908 | 3917 | 3926 | 3936 | 3945 | 3954 | 3963 | 3972 |
| 60 | 3981 | 3990 | 3999 | 4009 | 4018 | 4027 | 4036 | 4046 | 4055 | 4064 |
| 61 | 4074 | 4083 | 4093 | 4102 | 4111 | 4121 | 4130 | 4140 | 4150 | 4159 |
| 62 | 4169 | 4178 | 4188 | 4198 | 4207 | 4217 | 4227 | 4236 | 4246 | 4256 |
| 63 | 4266 | 4276 | 4285 | 4295 | 4305 | 4315 | 4325 | 4335 | 4345 | 4355 |
| 64 | 4365 | 4375 | 4385 | 4395 | 4406 | 4416 | 4426 | 4436 | 4446 | 4457 |
| 65 | 4467 | 4477 | 4487 | 4498 | 4508 | 4519 | 4529 | 4539 | 4550 | 4560 |
| 66 | 4571 | 4581 | 4592 | 4603 | 4613 | 4624 | 4634 | 4645 | 4656 | 4667 |
| 67 | 4677 | 4688 | 4699 | 4710 | 4721 | 4732 | 4742 | 4753 | 4764 | 4775 |
| 68 | 4786 | 4797 | 4808 | 4819 | 4831 | 4842 | 4853 | 4864 | 4875 | 4887 |
| 69 | 4898 | 4909 | 4920 | 4932 | 4943 | 4955 | 4966 | 4977 | 4989 | 5000 |
| 70 | 5012 | 5023 | 5035 | 5047 | 5058 | 5070 | 5082 | 5093 | 5105 | 5117 |
| 71 | 5129 | 5140 | 5152 | 5164 | 5176 | 5188 | 5200 | 5212 | 5224 | 5236 |
| 72 | 5248 | 5260 | 5272 | 5284 | 5297 | 5309 | 5321 | 5333 | 5346 | 5358 |
| 73 | 5370 | 5383 | 5395 | 5408 | 5420 | 5433 | 5445 | 5458 | 5470 | 5483 |
| 74 | 5495 | 5508 | 5521 | 5534 | 5546 | 5559 | 5572 | 5585 | 5598 | 5610 |
| 75 | 5623 | 5636 | 5649 | 5662 | 5675 | 5689 | 5702 | 5715 | 5728 | 5741 |
| 76 | 5754 | 5768 | 5781 | 5794 | 5808 | 5821 | 5834 | 5848 | 5861 | 5875 |
| 77 | 5888 | 5902 | 5916 | 5929 | 5943 | 5957 | 5970 | 5984 | 5998 | 6012 |
| 78 | 6026 | 6039 | 6053 | 6067 | 6081 | 6095 | 6109 | 6124 | 6138 | 6152 |
| 79 | 6166 | 6180 | 6194 | 6209 | 6223 | 6237 | 6252 | 6266 | 6281 | 6295 |
| 80 | 6310 | 6324 | 6339 | 6353 | 6368 | 6383 | 6397 | 6412 | 6427 | 6442 |
| 81 | 6457 | 6471 | 6486 | 6501 | 6516 | 6531 | 6546 | 6561 | 6577 | 6592 |
| 82 | 6607 | 6622 | 6637 | 6653 | 6668 | 6683 | 6699 | 6714 | 6730 | 6745 |
| 83 | 6761 | 6776 | 6792 | 6808 | 6823 | 6839 | 6855 | 6871 | 6887 | 6902 |
| 84 | 6918 | 6934 | 6950 | 6966 | 6982 | 6998 | 7015 | 7031 | 7047 | 7063 |
| 85 | 7079 | 7096 | 7112 | 7129 | 7145 | 7161 | 7178 | 7194 | 7211 | 7228 |
| 86 | 7244 | 7261 | 7278 | 7295 | 7311 | 7328 | 7345 | 7362 | 7379 | 7396 |
| 87 | 7413 | 7430 | 7447 | 7464 | 7482 | 7499 | 7516 | 7534 | 7551 | 7568 |
| 88 | 7586 | 7603 | 7621 | 7638 | 7659 | 7674 | 7691 | 7709 | 7727 | 7745 |
| 89 | 7762 | 7780 | 7798 | 7816 | 7834 | 7852 | 7870 | 7889 | 7907 | 7925 |

Продолжение табл. 13

| N  | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 90 | 7943 | 7962 | 7980 | 7998 | 8017 | 8035 | 8054 | 8072 | 8091 | 8110 |
| 91 | 8128 | 8147 | 8166 | 8185 | 8204 | 8222 | 8241 | 8260 | 8279 | 8299 |
| 92 | 8318 | 8337 | 8356 | 8375 | 8395 | 8414 | 8433 | 8453 | 8472 | 8492 |
| 93 | 8511 | 8531 | 8551 | 8570 | 8590 | 8610 | 8630 | 8650 | 8670 | 8690 |
| 94 | 8710 | 8730 | 8750 | 8770 | 8790 | 8810 | 8831 | 8851 | 8872 | 8892 |
| 95 | 8913 | 8933 | 8954 | 8974 | 8995 | 9016 | 9036 | 9057 | 9078 | 9099 |
| 96 | 9120 | 9141 | 9162 | 9183 | 9204 | 9226 | 9247 | 9268 | 9290 | 9311 |
| 97 | 9333 | 9354 | 9376 | 9397 | 9419 | 9441 | 9462 | 9484 | 9506 | 9528 |
| 98 | 9550 | 9572 | 9594 | 9616 | 9638 | 9661 | 9683 | 9705 | 9727 | 9750 |
| 99 | 9772 | 9795 | 9817 | 9840 | 9863 | 9886 | 9908 | 9931 | 9954 | 9977 |

<sup>1</sup> Антилогарифмы используют для нахождения числа по его десятичному логарифму. Цифровой состав числа находят по мантиссе на пересечении строки, определяемой двумя первыми цифрами мантиссы (графа N), и графы, совпадающей с третьей цифрой мантиссы. Положение запятой в полученном числе определяется характеристикой логарифма (см. с. 7).

крайними членами пропорции, а  $b$  и  $c$  — средними членами.

*Основное свойство пропорции:* произведение крайних членов пропорции равно произведению ее средних членов, т. е.  $ad = bc$  для пропорции  $a : b = c : d$ .

*Вычисление неизвестных членов пропорции:*

а) неизвестный крайний член пропорции равен произведению средних членов, деленному на известный крайний, т. е. если  $x : a = b : c$ , то  $x = \frac{ab}{c}$ ;

б) неизвестный средний член пропорции равен произведению крайних членов, деленному на известный средний, т. е. если  $a : x = b : c$ , то  $x = \frac{ac}{b}$ .

*Перестановка членов пропорции.* Пропорция не нарушится (основное свойство пропорции  $ad = bc$  будет выполняться) при следующих перестановках членов пропорции:

$$a : b = c : d; a : c = b : d; c : d = a : b;$$

$$d : b = c : a; d : c = b : a; b : d = a : c;$$

$$c : a = d : b; b : a = d : c.$$



**Проценты.** Процентом какого-либо числа называют сотую часть этого числа и обозначают знаком %, например,  $\frac{5}{100}A = 0,05A = 5\% A$  есть 5 процентов величины  $A$ . Тысячную долю числа называют промилле и обозначают ‰, например,  $0,025 = 2,5\% = 25\text{‰}$ .

**Нахождение процентов данного числа.** Чтобы найти проценты  $p$  данного числа  $A$ , достаточно число  $A$  разделить на 100 и умножить на число процентов  $p$ , т. е.  $p\%$  числа  $A$  равны  $\frac{Ap}{100}$ .

**Нахождение числа по данной величине его процента.** Чтобы найти число  $A$ ,  $p\%$  которого равны  $a$ , нужно величину  $a$  разделить на  $p$  и умножить на 100, т. е. если  $p\%$  числа  $A$  равны  $a$ , то число  $A = \frac{a \cdot 100}{p}$ .

**Нахождение процентного отношения двух чисел.** Чтобы вычислить процентное отношение числа  $a$  к числу  $b$ , нужно  $a$  разделить на  $b$  и умножить на 100, т. е. процентное отношение числа  $a$  к числу  $b$  равно  $\frac{a \cdot 100}{b} \%$ .

**Начисление простых и сложных процентов.** При начислении простых процентов, т. е. когда проценты каждый год начисляются от начальной суммы, начальная сумма  $K$  при процентной таксе  $p\%$  через  $t$  лет обращается в сумму

$$K_t = K \left( 1 + \frac{p}{100} t \right).$$

Например, при процентной таксе, равной 3%, начальная сумма в 1000 р. через 5 лет превращается в  $1000 \times \left( 1 + \frac{3}{100} \cdot 5 \right) = 1150$  р.

При начислении сложных процентов (когда проценты начисляются не от начальной суммы, а от суммы с начисленными за предыдущие годы процентами) один раз в год начальная сумма  $K$  при процентной таксе  $p\%$  через  $t$  лет обращается в сумму

$$K_t = K \left( 1 + \frac{p}{100} \right)^t \text{ или } K_t = Kq^t, \text{ где } q = 1 + \frac{p}{100}.$$

Так, начальная сумма в 1000 р. при 3%-ной таксе за 5 лет при начислении сложных процентов обратится в  $K = 1000 \cdot 1,03^5 = 1159$  р. 27 к.

**Прогрессии.** *Арифметическая прогрессия* — это такая последовательность чисел или членов прогрессии  $a_1, a_2 \dots a_n$ , в которой каждое последующее число отличается от предыдущего на некоторое постоянное число  $r$ , называемое *разностью* прогрессии. Если  $r > 0$ , то прогрессия называется *возрастающей*; если  $r < 0$  — *убывающей*.

Пример. 1, 4, 7, 10, 13 и т. д.;  $r = 3$ ;

15, 13, 11, 9, 7 и т. д.;  $r = -2$ .

Любой  $n$ -й член арифметической прогрессии  $a_n$  и сумму  $S_n$  первых членов  $n$  прогрессии вычисляют по формулам:

$$a_n = a_1 (n - 1)r; S_n = \frac{n(a_1 + a_n)}{2}$$

( $a_1$  — первый член прогрессии).

*Геометрическая прогрессия* — это такая последовательность чисел или членов прогрессии  $b_1, b_2 \dots b_n$ , в которой каждое последующее число получается из предыдущего умножением его на определенное число  $q$ , называемое *знаменателем* прогрессии. Если  $|q| > 1$ , то прогрессия называется *возрастающей* (3, 6, 12, 24, ...;  $q = 2$ ), а если  $|q| < 1$  — *убывающей* (64, 32, 16, 8, ...;  $q = 0,5$ ).

Любой  $n$ -й член геометрической прогрессии  $b_n$  можно вычислить по формуле  $b_n = b_1 q^{n-1}$ , где  $b_1$  — первый член прогрессии.

Сумма первых  $n$  членов геометрической прогрессии

$$S_n = \frac{b_n q - b_1}{q - 1} = \frac{b_1 - b_n q}{1 - q}$$

(первое выражение удобно брать для возрастающей прогрессии, второе для убывающей).

Формулы решения (нахождения корней) простейших алгебраических уравнений даны в табл. 14; преобразования алгебраических выражений выполняются по приведенным ниже правилам:

$$1. (-a) \cdot (-b) = +ab; \quad (-a) \cdot (+b) = -ab;$$

$$2. (+a) : (+b) = +\frac{a}{b}; \quad (-a) : (-b) = +\frac{a}{b};$$

$$(+a) : (-b) = -\frac{a}{b};$$

$$3. a^2 - b^2 = (a + b)(a - b);$$

## 14. Решение уравнений

| Уравнение                                                                                  | Общий вид                                                           | Формулы для нахождения корней уравнения                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уравнение I степени с одним неизвестным                                                    | $ax = b$                                                            | $x = \frac{b}{a}$                                                                                                                                                    |
| Система уравнений I степени с двумя неизвестными                                           | $a_1x + b_1y = c_1;$<br>$a_2x + b_2y = c_2$                         | $x = \frac{c_1b_2 - c_2b_1}{a_1b_2 - a_2b_1};$<br>$y = \frac{a_1c_2 - a_2c_1}{a_1b_2 - a_2b_1}$                                                                      |
| Неполные квадратные уравнения                                                              | $ax^2 = 0;$<br>$ax^2 + bx = 0;$<br>$ax^2 + c = 0$                   | $x_{1,2} = 0;$<br>$x_1 = 0; x_2 = -\frac{b}{a};$<br>$x_{1,2} = \pm \sqrt{-\frac{c}{a}}$                                                                              |
| Полное квадратное уравнение:<br>общая формула<br>четное ( $k = 2$ )<br>приведенная формула | $ax^2 + bx + c = 0;$<br>$ax^2 + 2kx + c = 0;$<br>$x^2 + px + q = 0$ | $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$<br>$x_{1,2} = \frac{-k \pm \sqrt{k^2 - ac}}{a}$<br>$x_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q}$ |
| Биквадратное уравнение                                                                     | $ax^4 + bx^2 + c = 0$                                               | $x_{1,2,3,4} = \pm \sqrt{y};$<br>$y = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$                                                                                            |
| Возвратное уравнение                                                                       | $ax^4 + bx^3 + cx^2 +$<br>$+ bx + a = 0$                            | $x_{1,2,3,4} = \frac{y \pm \sqrt{y^2 - 4}}{2};$<br>$y = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac + 8a^2}}{2a}$                                                                   |

$$4. (a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2;$$

$$5. (a \pm b)^3 = a^3 \pm 3a^2b + 3ab^2 \pm b^3;$$

$$6. a^3 \pm b^3 = (a \pm b)(a^2 \mp ab + b^2);$$

$$7. (a \cdot b \cdot c \dots)^n = a^n \cdot b^n \cdot c^n \dots; \quad \left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n};$$

$$8. a^n b^n = (a \cdot b)^n; \quad a^m \cdot a^n = a^{m+n}; \quad a^m : a^n = a^{m-n};$$

$$9. 1^n = 1; \quad 0^n = 0; \quad a^0 = 1; \quad a^{-n} = \frac{1}{a^n}; \quad (a^m)^n = a^{mn};$$

$$10. \sqrt[n]{a} = a^{\frac{1}{n}}; \quad \sqrt[n]{a^n} = a; \quad \sqrt[n]{ab} = \sqrt[n]{a} \sqrt[n]{b};$$

$$11. \sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}; \quad \sqrt[n]{\sqrt[m]{a}} = \sqrt[n \cdot m]{a}; \quad \sqrt[n]{a} = a^{\frac{n}{m}};$$

$$12. \sqrt[n]{a} = \frac{1}{\sqrt[n]{\frac{1}{a}}}; \quad a^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{a^m};$$

$$13. \sqrt{(a+b)^2} = \pm(a+b).$$

**Тригонометрические функции.** Основные тригонометрические функции углов прямоугольного треугольника выражаются соответствующими соотношениями его сторон (рис. 1):

синус  $\left(\sin \alpha = \frac{a}{c}\right)$  — отношение катета, противолежащего данному углу, к гипотенузе;

косинус  $\left(\cos \alpha = \frac{b}{c}\right)$  — отношение прилежащего катета к гипотенузе;

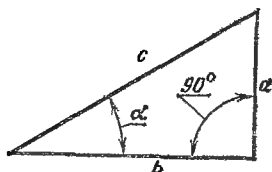


Рис. 1

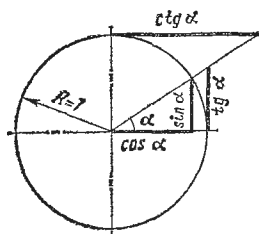


Рис. 2

## 15. Знаки функций и формулы приведения

| Функция | Угол                     |                                  |                                   |                                   |                                 |                                 |                                 |                                 |
|---------|--------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|         | $0 \rightarrow 90^\circ$ | $90^\circ \rightarrow 180^\circ$ | $180^\circ \rightarrow 270^\circ$ | $270^\circ \rightarrow 360^\circ$ | $360^\circ \rightarrow \alpha$  | $90^\circ \rightarrow \alpha$   | $180^\circ \rightarrow \alpha$  | $270^\circ \rightarrow \alpha$  |
| sin     | +                        | +                                | —                                 | —                                 | $\pm \sin \alpha$               | $+\cos \alpha$                  | $\mp \sin \alpha$               | $-\cos \alpha$                  |
| cos     | +                        | —                                | —                                 | +                                 | $+\cos \alpha$                  | $\mp \sin \alpha$               | $-\cos \alpha$                  | $\pm \sin \alpha$               |
| tg      | +                        | —                                | +                                 | —                                 | $\pm \operatorname{tg} \alpha$  | $\mp \operatorname{ctg} \alpha$ | $\pm \operatorname{tg} \alpha$  | $\mp \operatorname{ctg} \alpha$ |
| ctg     | +                        | —                                | +                                 | —                                 | $\pm \operatorname{ctg} \alpha$ | $\mp \operatorname{tg} \alpha$  | $\pm \operatorname{ctg} \alpha$ | $\mp \operatorname{tg} \alpha$  |

тангенс ( $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$ ) — отношение противолежащего катета к прилежащему;

котангенс ( $\operatorname{ctg} \alpha = \frac{b}{a}$ ) — отношение прилежащего катета к противолежащему.

Графически тригонометрические функции можно представить в виде отрезков (рис. 2), построенных на окружности, радиус которой равен 1.

Знак функции зависит от величины угла (табл. 15). Функции углов, больших  $90^\circ$ , могут быть приведены к функциям углов прямоугольного треугольника (меньших  $90^\circ$ ) с помощью формул приведения (табл. 15).

Значения тригонометрических функций углов от  $0$  до  $90^\circ$  с интервалом в  $1^\circ$  даны в табл. 16, а для углов от  $0$  до  $1^\circ$  и от  $89$  до  $90^\circ$  с интервалом через  $1'$  — в табл. 17.

## Основные формулы тригонометрии

Функции одного угла<sup>1</sup>

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1; \quad \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{ctg} \alpha};$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}};$$

<sup>1</sup> Перед знаком радикала должен быть поставлен знак плюс или минус в зависимости от того, в какой четверти находится угол (табл. 15).

## 16. Значения тригонометрических функций

| $\alpha^\circ$ | $\sin \alpha$ | $\cos \alpha$ | $\operatorname{tg} \alpha$ | $\operatorname{ctg} \alpha$ | $\alpha^\circ$ |
|----------------|---------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|----------------|
| 0              | 0,0000        | 1,0000        | 0,0000                     | $\pm\infty$                 | 0              |
| 1              | 0,0175        | 0,9998        | 0,0175                     | 57,290                      | 1              |
| 2              | 0,0349        | 0,9994        | 0,0349                     | 28,636                      | 2              |
| 3              | 0,0523        | 0,9986        | 0,0524                     | 19,081                      | 3              |
| 4              | 0,0698        | 0,9976        | 0,0699                     | 14,301                      | 4              |
| 5              | 0,0872        | 0,9962        | 0,0875                     | 11,430                      | 5              |
| 6              | 0,1045        | 0,9945        | 0,1051                     | 9,514                       | 6              |
| 7              | 0,1219        | 0,9925        | 0,1228                     | 8,144                       | 7              |
| 8              | 0,1392        | 0,9903        | 0,1405                     | 7,115                       | 8              |
| 9              | 0,1564        | 0,9877        | 0,1584                     | 6,314                       | 9              |
| 10             | 0,1736        | 0,9848        | 0,1763                     | 5,671                       | 10             |
| 11             | 0,1908        | 0,9816        | 0,1944                     | 5,145                       | 11             |
| 12             | 0,2079        | 0,9781        | 0,2126                     | 4,705                       | 12             |
| 13             | 0,2250        | 0,9744        | 0,2309                     | 4,331                       | 13             |
| 14             | 0,2419        | 0,9703        | 0,2493                     | 4,011                       | 14             |
| 15             | 0,2588        | 0,9659        | 0,2697                     | 3,732                       | 15             |
| 16             | 0,2756        | 0,9613        | 0,2867                     | 3,487                       | 16             |
| 17             | 0,2924        | 0,9563        | 0,3057                     | 3,271                       | 17             |
| 18             | 0,3090        | 0,9511        | 0,3249                     | 3,078                       | 18             |
| 19             | 0,3256        | 0,9455        | 0,3443                     | 2,904                       | 19             |
| 20             | 0,3420        | 0,9397        | 0,3640                     | 2,747                       | 20             |
| 21             | 0,3584        | 0,9336        | 0,3839                     | 2,605                       | 21             |
| 22             | 0,3746        | 0,9272        | 0,4040                     | 2,475                       | 22             |
| 23             | 0,3907        | 0,9205        | 0,4245                     | 2,356                       | 23             |
| 24             | 0,4067        | 0,9135        | 0,4452                     | 2,246                       | 24             |
| 25             | 0,4226        | 0,9063        | 0,4663                     | 2,145                       | 25             |
| 26             | 0,4384        | 0,8988        | 0,4877                     | 2,050                       | 26             |
| 27             | 0,4540        | 0,8910        | 0,5095                     | 1,963                       | 27             |
| 28             | 0,4695        | 0,8829        | 0,5317                     | 1,881                       | 28             |
| 29             | 0,4848        | 0,8746        | 0,5543                     | 1,804                       | 29             |
| 30             | 0,5000        | 0,8660        | 0,5774                     | 1,732                       | 30             |
| 31             | 0,5150        | 0,8572        | 0,6009                     | 1,664                       | 31             |
| 32             | 0,5299        | 0,8480        | 0,6249                     | 1,600                       | 32             |
| 33             | 0,5446        | 0,8387        | 0,6494                     | 1,540                       | 33             |
| 34             | 0,5592        | 0,8290        | 0,6745                     | 1,483                       | 34             |
| 35             | 0,5736        | 0,8192        | 0,7002                     | 1,428                       | 35             |
| 36             | 0,5878        | 0,8090        | 0,7265                     | 1,376                       | 36             |
| 37             | 0,6018        | 0,7986        | 0,7536                     | 1,327                       | 37             |
| 38             | 0,6157        | 0,7880        | 0,7813                     | 1,280                       | 38             |
| 39             | 0,6293        | 0,7771        | 0,8098                     | 1,235                       | 39             |
| 40             | 0,6428        | 0,7660        | 0,8391                     | 1,192                       | 40             |
| 41             | 0,6561        | 0,7547        | 0,8693                     | 1,150                       | 41             |
| 42             | 0,6691        | 0,7431        | 0,9004                     | 1,111                       | 42             |
| 43             | 0,6820        | 0,7314        | 0,9325                     | 1,072                       | 43             |
| 44             | 0,6947        | 0,7193        | 0,9657                     | 1,036                       | 44             |

| $\alpha^\circ$ | $\sin \alpha$ | $\cos \alpha$ | $\operatorname{tg} \alpha$ | $\operatorname{ctg} \alpha$ | $\alpha^\circ$ |
|----------------|---------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|----------------|
| 45             | 0,7071        | 0,7071        | 1,0000                     | 1,0000                      | 45             |
| 46             | 0,7193        | 0,6947        | 1,036                      | 0,9657                      | 46             |
| 47             | 0,7314        | 0,6820        | 1,072                      | 0,9325                      | 47             |
| 48             | 0,7431        | 0,6691        | 1,111                      | 0,9004                      | 48             |
| 49             | 0,7547        | 0,6561        | 1,150                      | 0,8693                      | 49             |
| 50             | 0,7660        | 0,6428        | 1,192                      | 0,8391                      | 50             |
| 51             | 0,7771        | 0,6293        | 1,235                      | 0,8098                      | 51             |
| 52             | 0,7880        | 0,6157        | 1,280                      | 0,7815                      | 52             |
| 53             | 0,7986        | 0,6018        | 1,327                      | 0,7536                      | 53             |
| 54             | 0,8090        | 0,5878        | 1,376                      | 0,7265                      | 54             |
| 55             | 0,8192        | 0,5736        | 1,428                      | 0,7002                      | 55             |
| 56             | 0,8290        | 0,5592        | 1,483                      | 0,6745                      | 56             |
| 57             | 0,8387        | 0,5446        | 1,540                      | 0,6494                      | 57             |
| 58             | 0,8480        | 0,5299        | 1,600                      | 0,6249                      | 58             |
| 59             | 0,8572        | 0,5150        | 1,664                      | 0,6009                      | 59             |
| 60             | 0,8660        | 0,5000        | 1,732                      | 0,5774                      | 60             |
| 61             | 0,8745        | 0,4848        | 1,804                      | 0,5543                      | 61             |
| 62             | 0,8829        | 0,4695        | 1,881                      | 0,5317                      | 62             |
| 63             | 0,8910        | 0,4540        | 1,963                      | 0,5059                      | 63             |
| 64             | 0,8988        | 0,4384        | 2,050                      | 0,4877                      | 64             |
| 65             | 0,9063        | 0,4226        | 2,145                      | 0,4663                      | 65             |
| 66             | 0,9135        | 0,4067        | 2,246                      | 0,4452                      | 66             |
| 67             | 0,9205        | 0,3907        | 2,356                      | 0,4245                      | 67             |
| 68             | 0,9272        | 0,3746        | 2,475                      | 0,4040                      | 68             |
| 69             | 0,9336        | 0,3584        | 2,605                      | 0,3839                      | 69             |
| 70             | 0,9397        | 0,3420        | 2,747                      | 0,3640                      | 70             |
| 71             | 0,9455        | 0,3256        | 2,904                      | 0,3443                      | 71             |
| 72             | 0,9511        | 0,3090        | 3,078                      | 0,3249                      | 72             |
| 73             | 0,9563        | 0,2924        | 3,271                      | 0,3057                      | 73             |
| 74             | 0,9613        | 0,2756        | 3,487                      | 0,2867                      | 74             |
| 75             | 0,9659        | 0,2588        | 3,732                      | 0,2679                      | 75             |
| 76             | 0,9703        | 0,2419        | 4,011                      | 0,2493                      | 76             |
| 77             | 0,9744        | 0,2250        | 4,331                      | 0,2309                      | 77             |
| 78             | 0,9781        | 0,2079        | 4,705                      | 0,2126                      | 78             |
| 79             | 0,9816        | 0,1908        | 5,145                      | 0,1944                      | 79             |
| 80             | 0,9848        | 0,1736        | 5,671                      | 0,1763                      | 80             |
| 81             | 0,9877        | 0,1564        | 6,314                      | 0,1584                      | 81             |
| 82             | 0,9903        | 0,1392        | 7,115                      | 0,1405                      | 82             |
| 83             | 0,9925        | 0,1219        | 8,144                      | 0,1228                      | 83             |
| 84             | 0,9945        | 0,1045        | 9,514                      | 0,1051                      | 84             |
| 85             | 0,9962        | 0,0872        | 11,430                     | 0,0815                      | 85             |
| 86             | 0,9976        | 0,0698        | 14,301                     | 0,0699                      | 86             |
| 87             | 0,9986        | 0,0523        | 19,081                     | 0,0524                      | 87             |
| 88             | 0,9994        | 0,0349        | 28,636                     | 0,0349                      | 88             |
| 89             | 0,9998        | 0,0175        | 57,290                     | 0,0175                      | 89             |
| 90             | 1,0000        | 0,0000        | $\pm\infty$                | 0,0000                      | 90             |

17. Значения  $\sin$  и  $\operatorname{tg}$  от 0 до  $1^\circ$ ,  $\cos$  и  $\operatorname{ctg}$  от  $89$  до  $90^\circ$ 

| $\alpha^\circ$ | $\sin \alpha,$<br>$\operatorname{tg} \alpha$  | —              | $\alpha^\circ$ | $\sin \alpha,$<br>$\operatorname{tg} \alpha$  | —              | $\alpha'$ | $\sin \alpha,$<br>$\operatorname{tg} \alpha$  | —              |
|----------------|-----------------------------------------------|----------------|----------------|-----------------------------------------------|----------------|-----------|-----------------------------------------------|----------------|
| 0              | 0,0000                                        | $90^\circ 0'$  | 21             | 0,0061                                        | $89^\circ 39'$ | 41        | 0,0119                                        | $89^\circ 19'$ |
| 1              | 0,0003                                        | 59             | 22             | 0,0064                                        | 38             | 42        | 0,0122                                        | 18             |
| 2              | 0,0006                                        | 58             | 23             | 0,0067                                        | 37             | 43        | 0,0125                                        | 17             |
| 3              | 0,0009                                        | 57             | 24             | 0,0070                                        | 36             | 44        | 0,0128                                        | 16             |
| 4              | 0,0012                                        | 56             | 25             | 0,0073                                        | 35             | 45        | 0,0131                                        | 15             |
| 5              | 0,0015                                        | 55             | 26             | 0,0076                                        | 34             | 46        | 0,0134                                        | 14             |
| 6              | 0,0018                                        | 54             | 27             | 0,0079                                        | 33             | 47        | 0,0137                                        | 13             |
| 7              | 0,0020                                        | 53             | 28             | 0,0081                                        | 32             | 48        | 0,0140                                        | 12             |
| 8              | 0,0023                                        | 52             | 29             | 0,0084                                        | 31             | 49        | 0,0143                                        | 11             |
| 9              | 0,0026                                        | 51             | 30             | 0,0087                                        | 30             | 50        | 0,0145                                        | 10             |
| 10             | 0,0029                                        | 50             | 31             | 0,0090                                        | 29             | 51        | 0,0148                                        | 9              |
| 11             | 0,0032                                        | 49             | 32             | 0,0093                                        | 28             | 52        | 0,0151                                        | 8              |
| 12             | 0,0035                                        | 48             | 33             | 0,0096                                        | 27             | 53        | 0,0154                                        | 7              |
| 13             | 0,0038                                        | 47             | 34             | 0,0099                                        | 26             | 54        | 0,0157                                        | 6              |
| 14             | 0,0041                                        | 46             | 35             | 0,0102                                        | 25             | 55        | 0,0160                                        | 5              |
| 15             | 0,0044                                        | 45             | 36             | 0,0105                                        | 24             | 56        | 0,0163                                        | 4              |
| 16             | 0,0047                                        | 44             | 37             | 0,0108                                        | 23             | 57        | 0,0166                                        | 3              |
| 17             | 0,0050                                        | 43             | 38             | 0,0111                                        | 22             | 58        | 0,0169                                        | 2              |
| 18             | 0,0052                                        | 42             | 39             | 0,0113                                        | 21             | 59        | 0,0172                                        | 1              |
| 19             | 0,0055                                        | 41             | 40             | 0,0116                                        | $89^\circ 20'$ | 60        | 0,0175                                        | $89^\circ 0'$  |
| 20             | 0,0058                                        | $89^\circ 40'$ |                |                                               |                |           |                                               |                |
| —              | $\cos \alpha,$<br>$\operatorname{ctg} \alpha$ | $\alpha^\circ$ | —              | $\cos \alpha,$<br>$\operatorname{ctg} \alpha$ | $\alpha^\circ$ | —         | $\cos \alpha,$<br>$\operatorname{ctg} \alpha$ | $\alpha^\circ$ |



$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{\operatorname{ctg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}};$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha} = \frac{1}{\operatorname{ctg} \alpha}.$$

**Функции двойных, тройных и половинных углов**

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha};$$

$$\begin{aligned} \cos 2\alpha &= \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 1 - 2 \sin^2 \alpha = \\ &= 2 \cos^2 \alpha - 1 = \frac{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}; \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha} = \frac{2}{\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha};$$

$$\operatorname{ctg} 2\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^2 \alpha - 1}{2 \operatorname{ctg} \alpha} = \frac{\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha}{2};$$

$$\sin 3\alpha = 3 \sin \alpha - 4 \sin^3 \alpha; \quad \cos 3\alpha = 4 \cos^3 \alpha - 3 \cos \alpha;$$

$$\operatorname{tg} 3\alpha = \frac{3 \operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg}^3 \alpha}{1 - 3 \operatorname{tg}^2 \alpha}; \quad \operatorname{ctg} 3\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^3 \alpha - 3 \operatorname{ctg} \alpha}{3 \operatorname{ctg}^2 \alpha - 1};$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}} = \frac{\sqrt{1 + \sin \alpha} - \sqrt{1 - \sin \alpha}}{2};$$

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}} = \frac{\sqrt{1 + \sin \alpha} + \sqrt{1 - \sin \alpha}}{2};$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\sin \alpha}{1 + \cos \alpha} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{1 + \cos \alpha}};$$

$$\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha} = \frac{1 + \cos \alpha}{\sin \alpha} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}}.$$

**Суммы и разности функции одного угла**

$$\begin{aligned} \sin \alpha + \cos \alpha &= \sqrt{1 + \sin \alpha} = \sqrt{2} \sin (45^\circ + \alpha) = \\ &= \sqrt{2} \cos (45^\circ - \alpha); \end{aligned}$$

$$\sin \alpha - \cos \alpha = -\sqrt{1 - \sin 2\alpha};$$

$$\begin{aligned} \cos \alpha - \sin \alpha &= \sqrt{1 - \sin 2\alpha} = \sqrt{2} \sin (45^\circ - \alpha) = \\ &= \sqrt{2} \cos (45^\circ + \alpha); \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{ctg} \alpha = \frac{2}{\sin 2\alpha}; \quad \operatorname{tg} \alpha - \operatorname{ctg} \alpha = -2 \operatorname{ctg} 2\alpha;$$

$$\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha = 2 \operatorname{ctg} 2\alpha.$$

**Степени функций одного угла**

$$\sin^2 \alpha = \frac{1 - \cos 2\alpha}{2}; \quad \cos^2 \alpha = \frac{1 + \cos 2\alpha}{2};$$

$$\sin^3 \alpha = \frac{3 \sin \alpha - \sin 3\alpha}{4}; \quad \cos^3 \alpha = \frac{3 \cos \alpha + \cos 3\alpha}{4};$$

$$\sin^4 \alpha = \frac{\cos 4\alpha - 4 \cos 2\alpha + 3}{8}; \quad \cos^4 \alpha = \frac{\cos 4\alpha + 4 \cos 2\alpha + 3}{8};$$

$$\operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1 = \frac{1 - \cos 2\alpha}{1 + \cos 2\alpha}; \quad \operatorname{ctg}^2 \alpha = \frac{1}{\sin^2 \alpha} - 1.$$

**Функции суммы и разности двух углов**

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cdot \cos \beta \pm \cos \alpha \cdot \sin \beta;$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta \mp \sin \alpha \cdot \sin \beta;$$

$$\operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta}{1 \mp \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}; \quad \operatorname{ctg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta \mp 1}{\operatorname{ctg} \beta \pm \operatorname{ctg} \alpha}.$$

**Суммы и разности функций двух углов**

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2};$$

$$\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2};$$

$$\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2};$$

$$\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2};$$

$$\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\cos \alpha \cdot \cos \beta}; \quad \operatorname{ctg} \alpha \pm \operatorname{ctg} \beta = \frac{\sin(\beta \pm \alpha)}{\sin \alpha \cdot \sin \beta}.$$

**Произведение функций двух углов**

$$\sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)}{2};$$

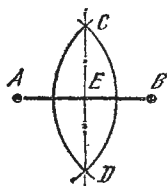
$$\cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)}{2};$$

$$\cos \alpha \cdot \sin \beta = \frac{\sin(\alpha + \beta) - \sin(\alpha - \beta)}{2};$$

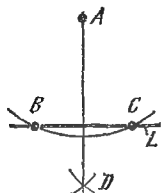
$$\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta = \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}; \quad \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta = \frac{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta};$$

$$\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta = \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}{\operatorname{tg} \beta + \operatorname{ctg} \alpha}.$$

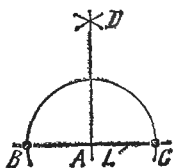
## 18. Простейшие геометрические построения

1. Провести перпендикуляр через середину отрезка  $AB$ 

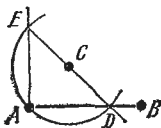
Из точек  $A$  и  $B$ , как из центров, с радиусом, большим половины отрезка  $AB$ , провести две дуги до их взаимного пересечения в точках  $C$  и  $D$ . Прямая  $CD$  будет перпендикулярна отрезку  $AB$  в его средней точке  $E$ .

2. Из точки  $A$  опустить перпендикуляр на прямую  $L$ 

Из точки  $A$ , как из центра, провести дугу, пересекающую прямую  $L$  в точках  $B$  и  $C$ . Из точек  $B$  и  $C$  провести дуги до взаимного пересечения в точке  $D$ ; прямая  $AD$  — искомый перпендикуляр.

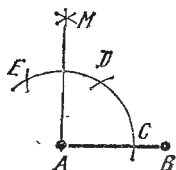
3. Провести перпендикуляр к прямой  $L$  в точке  $A$ 

Из точки  $A$ , как из центра, провести с произвольным радиусом дугу до пересечения с прямой  $L$  в точках  $B$  и  $C$ . Из точек  $B$  и  $C$  провести дуги до взаимного пересечения в точке  $D$ ; прямая  $AD$  — искомый перпендикуляр.

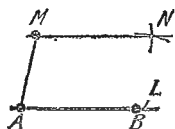
4. Провести перпендикуляр к отрезку  $AB$  в точке  $A$ 

Первый способ. Из произвольной точки  $C$ , как из центра, провести дугу с радиусом  $AC$  до пересечения в точке  $D$  с отрезком  $AB$ . Через точки  $D$  и  $C$  провести прямую до пересечения с дугой в точке  $E$ ;  $EA$  — искомый перпендикуляр.

Продолжение табл. 18

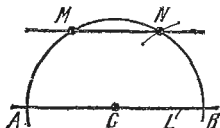


**Второй способ.** Из точки  $A$  с произвольным радиусом провести дугу до пересечения с отрезком  $AB$  в точке  $C$ . С тем же радиусом из точки  $C$  на дуге отметить точку  $D$ , а затем из точки  $D$  — точку  $E$ . Из точек  $D$  и  $E$  провести дуги до взаимного пересечения в точке  $M$ ;  $AM$  — искомый перпендикуляр



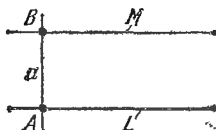
**5. Через точку  $M$  провести прямую, параллельную прямой  $L$**

**Первый способ.** На прямой  $L$  отложить произвольный отрезок  $AB$ . Из точки  $B$  провести дугу радиусом  $AM$ , а из точки  $M$  — дугу радиусом  $AB$  до взаимного пересечения в точке  $N$ ; прямая  $MN$  — искомая прямая, параллельная прямой  $L$



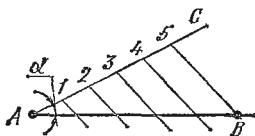
**Второй способ.** Из произвольной точки  $C$  провести полуокружность с радиусом  $CM$ , на которой с радиусом  $AM$  из точки  $B$  отметить точку  $N$ ;  $MN$  — искомая прямая, параллельная прямой  $L$

**6. Провести прямую, параллельную данной прямой  $L$  на заданном расстоянии  $a$**



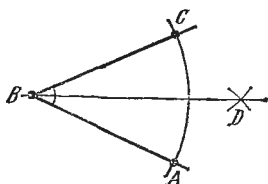
Из произвольной точки  $A$  заданной прямой  $L$  провести перпендикулярную ей прямую (см. пп. 1—4), отложить на ней отрезок  $AB$ , равный  $a$ , и через точку  $B$  провести (см. п. 5) искомую прямую  $M$ , параллельную заданной прямой  $L$

**7. Разделить отрезок  $AB$  на  $n$  (например, 5) равных частей**



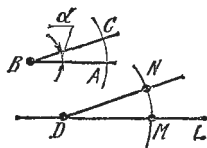
Через точку  $A$  провести под произвольным углом  $\alpha$  прямую  $AC$ , на которой от точки  $A$  отложить  $n$  (5) равных произвольных отрезков ( $AI = I_2 = I_3 = \dots$ ). Концы последнего отрезка соединить с точкой  $B$  (прямая  $B5$ ). Через точки  $1, 2, 3$  и т. д.

провести прямые, параллельные прямой  $B5$ , до пересечения с отрезком  $AB$ , которые и разделят отрезок  $AB$  на заданное  $n$  число равных частей



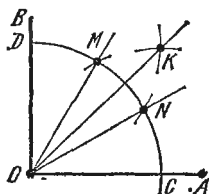
### 8. Построить биссектрису угла

Из вершины (точка  $B$ ) угла провести дугу произвольного радиуса до пересечения со сторонами угла в точках  $A$  и  $C$ . Из точек  $A$  и  $C$  провести дуги до взаимного пересечения в точке  $D$ ; прямая  $BD$  — искомая биссектриса угла



### 9. На прямой $L$ построить угол, равный заданному углу $\alpha$

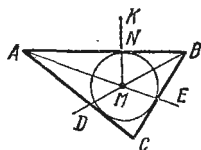
Из вершины  $B$  заданного угла  $\alpha$  провести дугу произвольного радиуса до пересечения со сторонами угла в точках  $A$  и  $C$ . С тем же радиусом из произвольной точки  $D$  прямой  $L$  провести дугу, пересекающую прямую  $L$  в точке  $M$ . На этой дуге от точки  $M$  отложить отрезок, равный дуге  $AC$  (точка  $N$ ). Соединив точки  $D$  и  $N$ , получим угол  $MDN$ , равный углу  $\alpha$



### 10. На отрезке $OA$ построить углы $30^\circ$ , $45^\circ$ и $60^\circ$

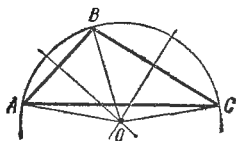
В точке  $O$  восстановить перпендикуляр  $OB$  (см. п. 4) к отрезку  $OA$ . Из точки  $O$  провести дугу с произвольным радиусом до пересечения со сторонами угла  $AOB$ . С тем же радиусом из точек пересечения  $C$  и  $D$  на дуге отметить точки  $M$  и  $N$ . Построить биссектрису  $OK$  угла  $AOB$  (см.

п. 8). Через точки  $M$  и  $N$  и точку  $O$  провести прямые. Угол  $AON$  равен  $30^\circ$ , угол  $AOK$  равен  $45^\circ$  и угол  $AOM$  равен  $60^\circ$

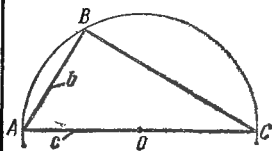


### 11. Построить окружность, вписанную в треугольник $ABC$

Построить биссектрисы углов (см. п. 8)  $CAB$  и  $ABC$ , из точки их пересечения (точка  $M$ ) опустить перпендикуляр  $MK$  на сторону  $AB$  (см. п. 2). Отрезок  $MN$  есть радиус вписанной окружности, а точка  $M$  ее центр



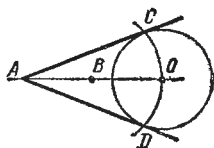
**12. Построить окружность, описанную вокруг треугольника  $ABC$**   
Через середины сторон  $AB$  и  $BC$  треугольника провести перпендикуляры (см. п. 1) до их пересечения в точке  $O$ . Точка  $O$  есть центр описанной окружности, а отрезки  $OA = OB = OC$  равны ее радиусу



**13. По заданным значениям катета  $b$  и гипотенузы  $c$  построить прямоугольный треугольник**

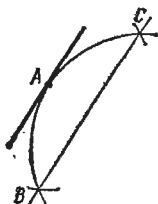
Из середины (точка  $O$ ) гипотенузы провести полуокружность с радиусом  $OA = OB = 0,5c$ . Из конца гипотенузы (точка  $A$ ) провести дугу с радиусом, равным катету  $b$ ,

до ее пересечения с полуокружностью в точке  $B$ . Соединив точку  $B$  с точками  $A$  и  $C$ , получим искомый прямоугольный треугольник



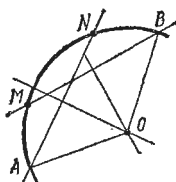
**14. Провести касательные из точки  $A$  к заданной окружности**

Соединить точку  $A$  с центром; отрезок  $OA$  разделить пополам (см. п. 1). Из середины отрезка  $OA$  (точка  $B$ ) провести дугу радиусом  $OB$  до пересечения с окружностью в точках  $C$  и  $D$ . Прямые  $AC$  и  $AD$  — искомые касательные



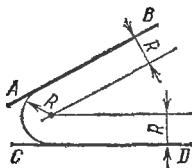
**15. Построить касательную к дуге окружности в точке  $A$**

Из точки  $A$  с произвольным радиусом сделать на заданной дуге отметки (точки  $B$  и  $C$ ), провести через них хорду  $BC$  и через точку  $A$  провести прямую, параллельную хорде  $BC$  (см. п. 5), которая и будет искомой касательной



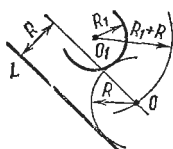
**16. Найти центр и радиус окружности, заданной дугой  $AB$**

Провести две произвольные хорды  $AN$  и  $MB$ , через середины которых (см. п. 1) провести перпендикуляры до взаимного пересечения в точке  $O$ . Точка  $O$  есть центр заданной окружности, а ее радиус равен отрезку  $OA = OB$



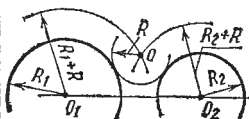
**17. Провести дугу с радиусом  $R$ , касательную к пересекающимся под произвольным углом прямым  $AB$  и  $CD$**

Провести прямые, параллельные заданным и отстоящим от них на расстоянии  $R$  (см. п. 6) до взаимного пересечения в точке  $O$ . Из точки  $O$  провести дугу с радиусом  $R$ , которая и будет искомой касательной к прямым  $AB$  и  $CD$



**18. Провести дугу с радиусом  $R$ , касательную к дуге радиуса  $R_1$  и прямой  $L$**

Из центра  $O_1$  заданной дуги провести дугу с радиусом  $R_1 + R$  и прямую, параллельную заданной прямой  $L$  и отстоящей от нее на расстоянии  $R$  (см. п. 5) до их взаимного пересечения в точке  $O$ . Точка  $O$  есть искомый центр заданной дуги радиуса  $R$ , касательной к заданной дуге и прямой. Задача не имеет решения, если расстояние между центром  $O_1$  и прямой  $L$  больше величины  $R_1 + 2R$



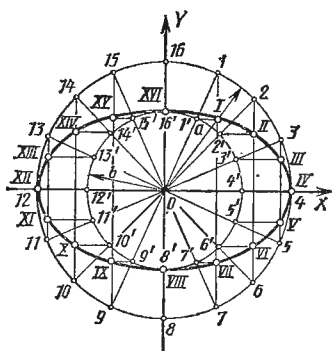
**19. Провести дугу с радиусом  $R$ , касательную к двум дугам с радиусами  $R_1$  и  $R_2$**

Из центров заданных дуг (точек  $O_1$  и  $O_2$ ) провести дуги с радиусами, соответственно равными  $R_1 + R$  и  $R_2 + R$ , до их взаимного пересечения в точке  $O$ , которая и является искомым центром дуги с радиусом  $R$ , касательной к заданным дугам

Задача не имеет решения, если расстояние между центрами  $O_1$  и  $O_2$  заданных дуг больше величины  $R_1 + R_2 + 2R$

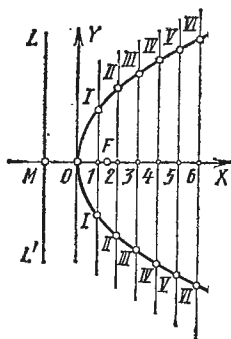
## 19. Построение типовых кривых

1. Эллипс — геометрическое место точек, сумма расстояний которых до двух неподвижных точек (фокусов) есть величина постоянная. Уравнение эллипса  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ , где  $a$  и  $b$  — большая и малая полуоси эллипса.



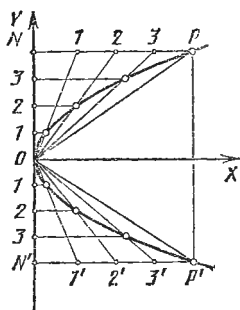
Из точки  $O$  проводят две окружности радиусами, равными  $a$  и  $b$ . Большую окружность делят на произвольное число равных частей. Полученные точки  $1, 2, 3 \dots$  соединяют с центром окружности линиями, которые пересекают малую окружность в точках  $1', 2', 3' \dots$ . Через эти точки проводят прямые, параллельные оси  $OX$ , а через точки  $1, 2, 3 \dots$  — прямые, параллельные оси  $OY$ . На пересечении прямых, проведенных от одноименных точек, находят точки  $I, II, III, IV \dots$ , которые и являются точками искомого эллипса.

2. Парабола — геометрическое место точек, равноудаленных от неподвижной точки (фокуса  $F$ ) и неподвижной прямой (директрисы  $LL'$ ). Уравнение параболы  $y^2 = 2px$ , где  $p$  — параметр, равный расстоянию между фокусом и директрисой.



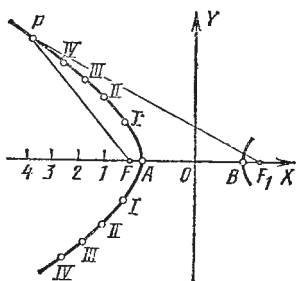
Первый способ. Даны фокус  $F$  и директриса  $LL'$ . Ось  $OX$  находят построением прямой, проходящей через фокус перпендикулярно директрисе  $LL'$ . Вершина параболы  $O$  будет лежать в середине отрезка  $MF$ . От точки  $O$  по оси  $OX$  откладывают произвольные равные отрезки и через полученные точки  $1, 2, 3 \dots$  проводят линии, перпендикулярные оси  $OX$ . Из фокуса  $F$  проводят окружности радиусами  $M1, M2, M3 \dots$ , пересечения которых с прямыми, проведенными через точки  $1, 2, 3 \dots$ , дадут точки  $I, II, III, IV \dots$ , которые будут точками искомой параболы.



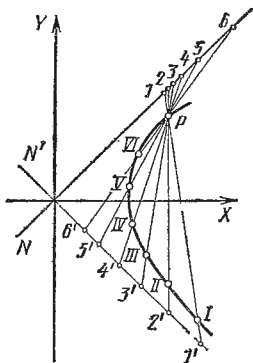


**Второй способ.** Даны вершина параболы  $O$ , ось  $OX$  и точка параболы  $P$ . Через точку  $O$  проводят ось  $OY$  и строят прямоугольник  $PNN'P'$ ; отрезки  $PN$ ,  $NO$ ,  $ON'$  и  $N'P'$  делят на равное число частей. Из точек  $1, 2, 3 \dots$  отрезков  $NO$  и  $ON'$  проводят прямые, параллельные оси  $OX$ , а точки отрезков  $NP$  и  $N'P'$  соединяют с точкой  $O$ . Пересечения одноименных прямых есть точки искомой параболы

**3. Гипербола** — геометрическое место точек, разность расстояний которых от двух неподвижных точек — фокусов  $F$  и  $F_1$  — есть величина постоянная. Уравнение гиперболы  $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$ , где  $a$  — расстояние от вершин до начала координат ( $OA = OB$ );  $b = \sqrt{c^2 - a^2}$  (где  $c = OF = OF_1$  есть расстояние от фокуса до начала координат)

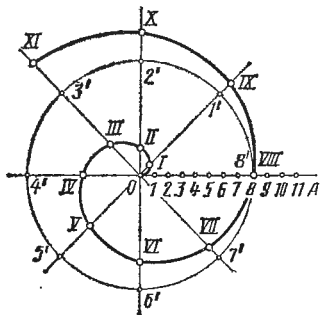


**Первый способ.** Даны положение фокусов  $F$  и  $F_1$  и точка гиперболы  $P$ . Отрезок  $FF_1$  делят пополам и от его середины  $O$  откладывают в обе стороны отрезки  $OA$  и  $OB$ , равные полуразности расстояний точки  $P$  до фокусов, т. е.  $OA = OB = 0,5(PF_1 - PF)$ . Полученные точки  $A$  и  $B$  — вершины гиперболы. На оси  $OX$  намечают произвольные точки  $1, 2, 3 \dots$ . Из фокуса  $F$  проводят дуги с радиусами  $A1, A2, A3 \dots$ , а из фокуса  $F_1$  — дуги с радиусами  $B1, B2, B3 \dots$ . Пересечения одноименных дуг дают точки ( $I, II, III, IV \dots$ ) искомой гиперболы



**Второй способ.** Даны точка гипербо-  
лы  $P$  и ее асимптоты  $N$  и  $N'$ . Чрез  
точку  $P$  проводят пучок прямых до  
пересечения с асимптотами в точках  $1$ ,  
 $2, 3 \dots$  и  $1', 2', 3' \dots$ . От точек  $1, 2$ ,  
 $3 \dots$  откладывают отрезки  $1'I = 1P$ ,  
 $2'II = 2P$ ,  $3'III = 3P \dots$ . Полученные  
точки  $I, II, III \dots$  есть точки искомой  
гиперболы (так как у гиперболы от-  
резки одной прямой, заключенной ме-  
жду гиперболой и асимптотами, равны  
между собой)

**4. Архимедова спираль** — получается при равномерном дви-  
жении точки по прямой, равномерно вращающейся вокруг не-  
подвижной точки. Уравнение спирали  $r = a\varphi$ , где  $a$  — коэф-  
фициент увеличения радиуса при увеличении угла его поворота



Проводят окружность с радиу-  
сом  $OA = r_0 = 2\pi a$ , где  $r_0$  —  
путь, пройденный точкой по пря-  
мой за время ее поворота на  $360^\circ$ .  
Радиус  $OA$  делят на произволь-  
ное число равных частей; на та-  
кое же число равных частей де-  
лят окружность. На лучах  $OI'$ ,  
 $O2'$ ,  $O3'$  ... от центра отклады-  
вают отрезки  $OI$ ,  $OII$ ,  $OIII$   
и т. д., соответственно равные  
отрезкам  $O1$ ,  $O2$ ,  $O3 \dots$ . Полу-  
ченные точки  $I, II, III, IV$  и т. д.  
есть точки архимедовой спирали

5. Гиперболическая спираль получается при движении точки по вращающейся прямой таким образом, что ее расстояние от центра вращения всегда будет обратно пропорционально углу поворота прямой, измеренному от начального положения.

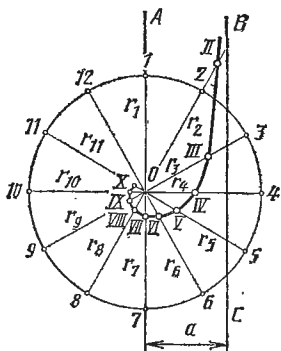
Уравнение спирали  $r\varphi = a$ , где  $a$  — расстояние асимптоты спирали от начала координат. Так как при  $\varphi \rightarrow 0$   $r \rightarrow \infty$ , то прямая  $BC$ , проведенная параллельно оси  $OA$  на расстоянии  $a$ , есть асимптота спирали. При  $\varphi \rightarrow \infty$   $r \rightarrow 0$ , поэтому полюс  $O$  есть асимптотическая точка спирали, вокруг которой спираль описывает бесконечное число оборотов и никогда ее не достигает

Из полюса  $O$  спирали проводят окружность с произвольным радиусом и делят ее на произвольное число равных частей. Через полученные точки  $1, 2, 3 \dots$  проводят лучи из полюса  $O$ . На лучах откладывают отрезки, равные  $r_1, r_2, r_3$  и т. д., значения которых вычис-

ляют по формуле  $r_i = \frac{an}{2\pi(i-1)}$ , где  $n$  — число частей, на которое была разделена окружность;  $i$  — порядковый номер радиуса. Так,

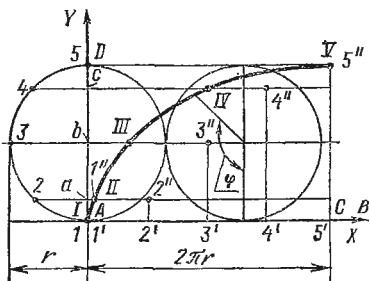
$r_1 = \infty$ ;  $r_2 = \frac{an}{2\pi}$ ;  $r_3 = \frac{an}{4\pi}$  и т. д.

Величины радиусов откладывают на соответствующих лучах; полученные точки  $I, II, III, IV$  и т. д. будут точками гиперболической спирали





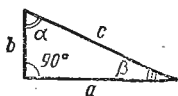
7. Циклоида — кривая, описанная точкой, расположенной на окружности, при качении окружности по прямой без скольжения. Уравнения циклоиды  $x = r(\varphi - \sin \varphi)$ ;  $y = r(\varphi - \cos \varphi)$ , где  $r$  — радиус катящейся окружности;  $\varphi$  — угол, образуемый радиусом и осью окружности



На прямой  $AB$  откладывают отрезок  $AC = \pi r$ , равный половине длины катящейся окружности. Дугу  $AD$  и прямую  $AC$  делят на одинаковое число равных частей, например четыре. Из полученных точек  $1, 2, 3 \dots$  проводят прямые, параллельные  $AC$ , а из точек  $1', 2', 3' \dots$  — прямые, перпендикулярные  $AC$ . От точек пересечения одноименных прямых  $1'', 2'', 3'' \dots$  от-

кладывают отрезки  $2''II = a_2$ ;  $3''III = b_3$  и т. д.; полученные точки  $I, II, III$  и т. д. будут точками циклоиды

## 20. Соотношения элементов плоских фигур



### Прямоугольный треугольник

Обозначения:  $a$  и  $b$  — катеты;  $c$  — гипотенуза;  $S$  — площадь

$$a^2 + b^2 = c^2; \quad \alpha + \beta = 90^\circ;$$

$$S = \frac{ab}{2}; \quad c = \sqrt{a^2 + b^2} =$$

$$= \frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\cos \alpha} = \frac{a}{\cos \beta} = \frac{b}{\sin \beta};$$

$$a = \sqrt{c^2 - b^2} = c \sin \alpha = c \cos \beta = b \operatorname{tg} \alpha = b \operatorname{ctg} \beta;$$

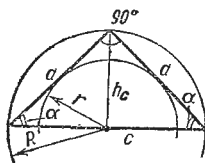
$$b = \sqrt{c^2 - a^2} = c \sin \beta = c \cos \alpha = a \operatorname{tg} \beta = a \operatorname{ctg} \alpha;$$

$$S = \frac{ab}{2} = \frac{a^2}{2} \operatorname{ctg} \alpha = \frac{b^2}{2} \operatorname{tg} \alpha = \frac{c^2}{2} \sin \alpha \cos \alpha =$$

$$= \frac{c^2}{4} \sin 2\alpha = \frac{a}{2} \sqrt{c^2 - a^2};$$

$$\sin \alpha = \cos \beta = \frac{a}{c}; \quad \sin \beta = \cos \alpha = \frac{b}{c}; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}; \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{b}{a}$$

Продолжение табл. 20



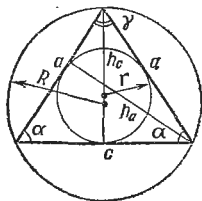
### Равнобедренный прямоугольный треугольник

Обозначения:  $a$  — боковые стороны (катеты);  $c$  — основание (гипотенуза);  $\alpha$  — углы при основании;  $h_c$  — высота;  $R$  — радиус описанной окружности;  $P$  — периметр;  $S$  — площадь

$$\alpha = 45^\circ; \quad a = \frac{c}{2} \sqrt{2} = 0,707c = h_c \sqrt{2} = 1,41h_c;$$

$$c = a\sqrt{2} = 1,41a = 2h_c = 2R; \quad h_c = \frac{c}{2} = \frac{a}{2} \sqrt{2} = 0,707a = R; \quad R = \frac{c}{2} = \frac{a}{2} \sqrt{2} = 0,707a;$$

$$P = 2a + c = 2,414c; \quad S = \frac{1}{2} a^2 = \frac{1}{4} c^2 = h_c^2$$



### Равнобедренный треугольник

Обозначения:  $a$  — боковые стороны;  $c$  — основание;  $\alpha$  — углы при основании;  $\gamma$  — угол при вершине;  $h_a$  и  $h_c$  — высоты на сторону  $a$  и основание  $c$ ;  $P$  — периметр;  $S$  — площадь;  $R$  и  $r$  — радиусы описанной и вписанной окружностей

$$\gamma = 180^\circ - 2\alpha; \quad \alpha = 90^\circ - \frac{\gamma}{2};$$

$$\cos \alpha = \sin \frac{\gamma}{2} = \frac{c}{2a};$$

$$a = \frac{c}{2 \cos \alpha} = \frac{c}{2 \sin \frac{\gamma}{2}} = \frac{h_a}{\sin \gamma} = \frac{h_c}{\cos \frac{\gamma}{2}} = \sqrt{h_c^2 + \frac{c^2}{4}};$$

$$c = 2a \sin \frac{\gamma}{2} = 2a \cos \alpha = \frac{h_a}{\sin \alpha} = \frac{2h_c}{\tg \alpha} = 2h_c \tg \frac{\gamma}{2};$$

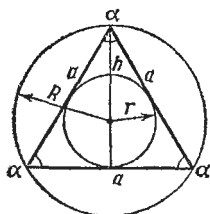
$$h_a = a \sin \gamma = c \sin \alpha = c \cos \frac{\gamma}{2} = \frac{c}{a} \sqrt{a^2 - \frac{c^2}{4}};$$

$$h_c = a \sin \alpha = a \cos \frac{\gamma}{2} = \frac{c}{2} \ctg \frac{\gamma}{2} = \sqrt{a^2 - \frac{c^2}{4}};$$

$$R = \frac{a^2}{2 \sqrt{a^2 - \frac{c^2}{4}}} = \frac{a^2}{2h_c}; \quad r = \frac{c}{2} \sqrt{\frac{2a-c}{2a+c}};$$

$$P = 2a + c = 2a \left( 1 + \sin \frac{\gamma}{2} \right) = 2a (1 + \cos \alpha) = c \left( 1 + \frac{1}{\cos \alpha} \right);$$

$$S = \frac{c}{2} \sqrt{a^2 - \frac{c^2}{4}} = \frac{1}{2} a^2 \sin \gamma = \frac{1}{4} c^2 \tg \alpha = \frac{1}{2} a h_a = \frac{1}{2} c h_c$$



## Равносторонний треугольник

Обозначения:  $a$  — сторона;  $h$  — высота;  $R$  и  $r$  — радиусы описанной и вписанной окружностей;  $P$  — периметр;  $S$  — площадь

$$a = \frac{2}{3} h \sqrt{3} = 1,155h = R \sqrt{3} = 1,732R = 2r \sqrt{3} = 3,463r;$$

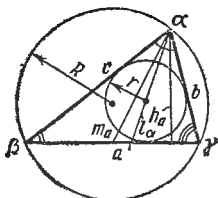
$$\alpha = 60^\circ; h = \frac{a}{2} \times$$

$$\times \sqrt{3} = 0,866a = 1,5R = 3r;$$

$$R = \frac{a}{3} \sqrt{3} = 0,577a = \frac{2}{3} h = 2r; r = \frac{a}{6} \sqrt{3} = 0,289a = \frac{h}{3} = \frac{R}{2};$$

$$P = 3a = 3,463h = 5,196R = 10,392r;$$

$$S = \frac{a^2}{4} \sqrt{3} = 0,433a^2 = 0,577h^2 = 1,299R^2 = 5,196r^2$$



## Косоугольный треугольник

Обозначения:  $a, b, c$  — стороны;  $\alpha, \beta, \gamma$  — противолежащие им углы;  $R$  и  $r$  — радиусы описанной и вписанной окружностей;  $P$  — периметр;  $p$  — полупериметр;  $S$  — площадь

Основные соотношения:

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} = 2R$$

(теорема синусов);

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha \text{ (теорема косинусов);}$$

$$\frac{a+b}{a-b} = \frac{\operatorname{tg} \frac{\alpha+\beta}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\alpha-\beta}{2}} \text{ (теорема тангенсов);}$$

$$S = \frac{1}{2} ab \sin \gamma = 2R^2 \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma = rp = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

Основные линии треугольника:

высота на сторону  $a$ :  $h_a = b \sin \gamma = c \sin \beta$ ;

биссектриса угла  $\alpha$ :  $l_\alpha = \frac{bc \cos \frac{\alpha}{2}}{b+c}$ ;

медиана на сторону  $a$ :  $m_a = \frac{1}{2} \sqrt{b^2 + c^2 + 2bc \cos \alpha}$

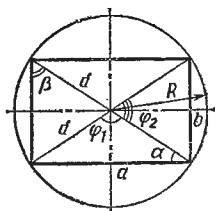
Продолжение табл. 20

## Элементы косоугольного треугольника

| Дано                       | Формулы для нахождения других элементов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $a$<br>$\alpha$<br>$\beta$ | $\gamma = 180^\circ - \alpha - \beta; \quad b = \frac{a \sin \beta}{\sin \alpha};$ $c = \frac{a \sin \gamma}{\sin \alpha}; \quad S = \frac{1}{2} a \cdot b \sin \gamma$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| $a$<br>$b$<br>$\gamma$     | $\operatorname{tg} \frac{\alpha - \beta}{2} = \frac{a - b}{a + b} \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}; \quad \frac{\alpha + \beta}{2} = 90^\circ - \frac{\gamma}{2}$ <p>По найденным значениям <math>\alpha + \beta</math> и <math>\alpha - \beta</math> вычисляют <math>\alpha</math> и <math>\beta</math>;</p> $c = \frac{a \sin \gamma}{\sin \alpha}; \quad S = \frac{1}{2} a \cdot b \sin \gamma$                                                                                                                                                                                                                  |
| $a$<br>$b$<br>$\alpha$     | $\sin \beta = \frac{b \sin \alpha}{a}$ <p>Если <math>a \geq b</math>, то <math>\beta &lt; 90^\circ</math> и имеет только одно значение</p> <p>Если <math>a &lt; b</math>, то <math>\beta</math> имеет два значения при <math>b \sin \alpha &lt; a</math> (<math>\beta_2 = 180^\circ - \beta_1</math>);</p> <p><math>\beta</math> имеет одно значение (<math>90^\circ</math>) при <math>b \sin \alpha = a</math>;<br/> треугольник нельзя построить при <math>b \sin \alpha &gt; a</math>;</p> $\gamma = 180^\circ - \alpha - \beta; \quad c = \frac{a \sin \gamma}{\sin \alpha}; \quad S = \frac{1}{2} ab \sin \gamma$ |
| $a$<br>$b$<br>$c$          | $r = \sqrt{\frac{(p-a)(p-b)(p-c)}{p}}; \quad \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{r}{p-a};$ $\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{r}{p-b}; \quad \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} = \frac{r}{p-c};$ $S = rp = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |



## Прямоугольник



Обозначения:  $a$  и  $b$  — стороны;  $d$  — диагональ;  $R$  — радиус описанной окружности;  $\alpha$  и  $\beta$  — углы между сторонами и диагоналями;  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  — углы между диагоналями;  $P$  — периметр;  $S$  — площадь

$$\alpha = 90^\circ - \beta = 90^\circ - \frac{\varphi_1}{2} = \frac{\varphi_2}{2};$$

$$\varphi_1 = 2\beta = 180^\circ - 2\alpha = 180^\circ - \varphi_2;$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - \frac{\varphi_2}{2} = \frac{\varphi_1}{2};$$

$$\varphi_2 = 2\alpha = 180^\circ - 2\beta = 180^\circ - \varphi_1;$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{a}; \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{a}{b}; \quad \operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2} = \operatorname{tg} \beta; \quad \operatorname{tg} \frac{\varphi_2}{2} = \operatorname{tg} \alpha;$$

$$a = \frac{b}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{b}{\operatorname{ctg} \beta} = d \sin \beta = d \cos \alpha = \sqrt{S \operatorname{ctg} \alpha};$$

$$b = a \operatorname{tg} \alpha = a \operatorname{ctg} \beta = d \cos \beta = a \sin \alpha =$$

$$= \sqrt{\frac{S}{\operatorname{ctg} \alpha}} = \sqrt{S \operatorname{tg} \alpha};$$

$$d = \sqrt{a^2 + b^2} = \frac{a}{\cos \alpha} = \frac{a}{\sin \beta} = \frac{b}{\sin \alpha} = \frac{b}{\cos \beta} = \sqrt{\frac{2S}{\sin 2\alpha}};$$

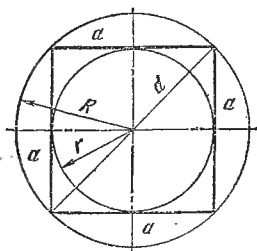
$$R = \frac{d}{2} = \frac{a}{2 \cos \alpha} = \frac{b}{2 \cos \beta} = \sqrt{\frac{S}{2 \sin 2\alpha}};$$

$$P = 2(a + b) = 2a(1 + \operatorname{tg} \alpha) = 2a(1 + \operatorname{ctg} \beta) = \\ = 2a \sqrt{1 - 2 \sin 2\alpha};$$

$$S = ab = a^2 \operatorname{tg} \alpha = a^2 \operatorname{ctg} \beta = \frac{1}{2} d^2 \sin \varphi_1 = \frac{1}{2} d^2 \sin 2\alpha$$

Продолжение табл. 20

## Квадрат



Обозначения:  $a$  — сторона;  $d$  — диагональ;  $R$  и  $r$  — радиусы описанной и вписанной окружностей;  $P$  — периметр;  $S$  — площадь

$$a = \frac{d}{2} \sqrt{2} = \frac{P}{4} =$$

$$= \sqrt{S} = R \sqrt{2} = 2r;$$

$$d = a \sqrt{2} = \frac{P}{4} \sqrt{2} =$$

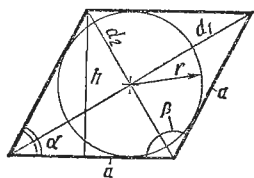
$$= \sqrt{2S} = 2R = 2r \sqrt{2};$$

$$R = \frac{a}{2} \sqrt{2} = \frac{d}{2} = \frac{P}{8} \sqrt{2} = \frac{\sqrt{2S}}{2} = r \sqrt{2};$$

$$r = \frac{a}{2} = \frac{d}{4} \sqrt{2} = \frac{P}{8} = \frac{\sqrt{S}}{2} = \frac{R}{2} \sqrt{2};$$

$$P = 4a = 8r = 2d \sqrt{2} = 4 \sqrt{S} = 4r \sqrt{2};$$

$$S = 2a^2 = \frac{d^2}{2} = \frac{P^2}{16} = 2R^2 = 4r^2$$



## Ромб

Обозначения:  $a$  — сторона;  $d_1$  и  $d_2$  — диагонали;  $h$  — высота;  $\alpha$  и  $\beta$  — углы при вершинах (углы между диагоналями  $90^\circ$ );  $r$  — радиус вписанной окружности;  $P$  — периметр;  $S$  — площадь

При  $\alpha > 90^\circ$   $d_1 < d_2$ ; при  $\alpha < 90^\circ$   $d_1 > d_2$

$$\alpha = 180^\circ - \beta; \quad \sin \alpha = \sin \beta = \frac{h}{a}; \quad \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{d_2}{d_1};$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \cos \frac{\beta}{2} = \frac{d_2}{2a}; \quad \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{d_1}{d_2};$$

$$a = \frac{d_1}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{h}{\sin \alpha} = \frac{d_2}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = \sqrt{\frac{S}{\sin \alpha}};$$

$$h = a \sin \alpha = d_1 \sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{S \sin \alpha};$$

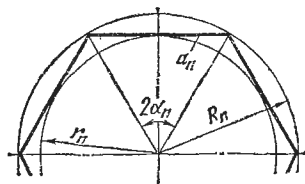
$$d_1 = \frac{h}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{h}{\cos \frac{\beta}{2}} = 2a \cos \frac{\alpha}{2} = 2a \sin \frac{\beta}{2} = d_2 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2};$$

$$d_2 = \frac{h}{\sin \frac{\beta}{2}} = \frac{h}{\cos \frac{\alpha}{2}} = 2a \sin \frac{\alpha}{2} = 2a \cos \frac{\beta}{2} = d_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2};$$

$$r = \frac{h}{2} = \frac{a}{2} \sin \alpha = \frac{1}{2} d_1 d_2 \sin \frac{\alpha}{2};$$

$$P = 4a = 2\sqrt{d_1^2 + d_2^2};$$

$$S = ah = a^2 \sin \alpha = \frac{1}{2} d_1^2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2} d_1 \sqrt{4a^2 - d_1^2} = \frac{1}{2} d_1 d_2$$



### Правильный многоугольник

Обозначения:  $n$  — число сторон;  $a_n$  — сторона;  $R_n$  — радиус описанной окружности;  $r_n$  — радиус вписанной окружности;  $2\alpha_n$  — центральный угол;  $P$  — периметр;  $S$  — площадь

$$2\alpha_n = \frac{360^\circ}{n}; \quad \alpha_n = \frac{180^\circ}{n};$$

$$a_n = 2R_n \sin \alpha_n = 2r_n \operatorname{tg} \alpha_n;$$

$$R_n = \frac{a_n}{2 \sin \alpha_n} = \frac{r_n}{\cos \alpha_n};$$

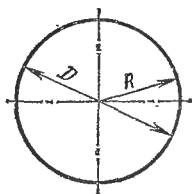
$$P = 2nR_n \sin \alpha_n = 2nr_n \operatorname{tg} \alpha_n = na_n;$$

$$S = \frac{1}{2} nR_n^2 \sin 2\alpha_n nr_n^2 \operatorname{tg} \alpha_n = \frac{1}{4} na_n^2 \operatorname{ctg} \alpha_n$$

### Значения

| $n$ | $\sin \alpha_n$ | $n$ | $\sin \alpha_n$ | $n$ | $\sin \alpha_n$ | $n$ | $\sin \alpha_n$ |
|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|
| 5   | 0,5878          | 14  | 0,2225          | 35  | 0,0896          | 70  | 0,0449          |
| 6   | 0,5000          | 15  | 0,2079          | 40  | 0,0785          | 72  | 0,0436          |
| 7   | 0,4339          | 16  | 0,1951          | 45  | 0,0698          | 75  | 0,0419          |
| 8   | 0,3827          | 18  | 0,1737          | 50  | 0,0628          | 80  | 0,0393          |
| 9   | 0,3420          | 20  | 0,1564          | 55  | 0,0571          | 85  | 0,0369          |
| 10  | 0,3090          | 25  | 0,1253          | 60  | 0,0523          | 90  | 0,0349          |
| 11  | 0,2817          | 30  | 0,1045          | 64  | 0,0491          | 95  | 0,0331          |
| 12  | 0,2588          | 32  | 0,0980          | 65  | 0,0483          | 100 | 0,0314          |

Продолжение табл. 20



## Круг

Обозначения:  $R$  — радиус круга;  $D$  — диаметр круга;  $P$  — периметр (длина окружности);  $S$  — площадь

$$R = \frac{P}{2\pi} = 0,1591P = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 0,5642\sqrt{S};$$

$$D = 2R = \frac{P}{\pi} = 0,3183P = 2\sqrt{\frac{S}{\pi}} = 1,1284\sqrt{S};$$

$$P = 2\pi R = 6,2832R = \pi D = 3,1416D = 2\sqrt{\pi S} = 3,5449\sqrt{S};$$

$$S = \pi R^2 = 3,1416R^2 = \frac{\pi D^2}{4} = 0,7854D^2 = \frac{P^2}{4\pi} = 0,0796P^2$$



## Круговое кольцо

Обозначения:  $D$  — наружный диаметр;  $R$  — наружный радиус;  $d$  — внутренний диаметр;  $r$  — внутренний радиус;  $d_{cp}$  — средний диаметр;  $r_{cp}$  — средний радиус;  $a$  — ширина кольца;  $S$  — площадь

$$a = R - r = \frac{1}{2}(D - d); \quad R = r + a = r_{cp} + \frac{a}{2};$$

$$D = d + 2a = 2d_{cp} - d; \quad d = D - 2a = 2d_{cp} - D;$$

$$r = R - a = r_{cp} - \frac{a}{2} = 2r_{cp} - R;$$

$$r_{cp} = \frac{1}{2}(R + r) = \frac{1}{4}(D + d) = R - \frac{a}{2} = r + \frac{a}{2};$$

$$d_{cp} = \frac{1}{2}(D + d) = R + r = D - a = d + a;$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} = \pi(R^2 - r^2) =$$

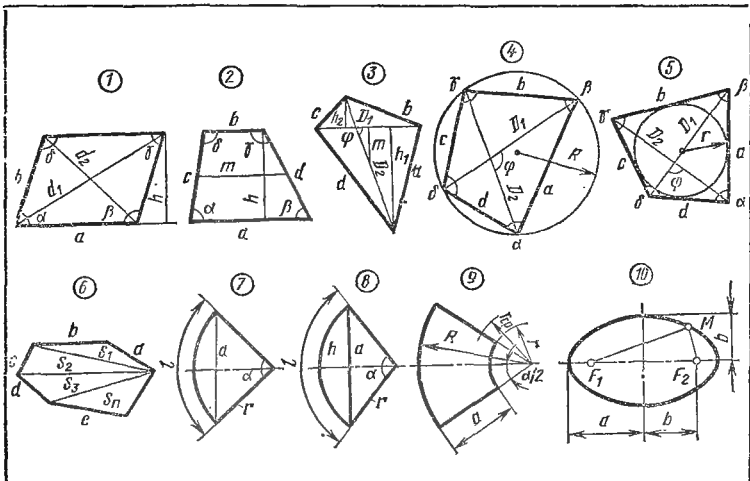
$$= 2\pi a r_{cp} = \pi a d_{cp} = \pi a(R + r) = \pi a(D - a) = \pi a(d + a)$$

**21. Длины хорд  $S$  при делении окружности  
диаметром  $d = 1$  на  $n$  равных частей**

| $n$ | $S$     | $n$ | $S$     | $n$ | $S$     | $n$ | $S$     | $n$ | $S$     |
|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 3   | 0,86603 | 23  | 0,13617 | 43  | 0,07300 | 63  | 0,04985 | 82  | 0,03830 |
| 4   | 0,70711 | 24  | 0,13053 | 44  | 0,07134 | 64  | 0,04907 | 83  | 0,03784 |
| 5   | 0,58779 | 25  | 0,12533 | 45  | 0,06976 | 65  | 0,04831 | 84  | 0,03739 |
| 6   | 0,50000 | 26  | 0,12054 | 46  | 0,06824 | 66  | 0,04758 | 85  | 0,03695 |
| 7   | 0,43388 | 27  | 0,11609 | 47  | 0,06678 | 67  | 0,04687 | 86  | 0,03652 |
| 8   | 0,38268 | 28  | 0,11196 | 48  | 0,06540 | 68  | 0,04618 | 87  | 0,03610 |
| 9   | 0,34202 | 29  | 0,10812 | 49  | 0,06407 | 69  | 0,04551 | 88  | 0,03568 |
| 10  | 0,30902 | 30  | 0,10453 | 50  | 0,06279 | 70  | 0,04487 | 89  | 0,03529 |
| 11  | 0,28173 | 31  | 0,10117 | 51  | 0,06156 | 71  | 0,04423 | 90  | 0,03490 |
| 12  | 0,25882 | 32  | 0,09802 | 52  | 0,06038 | 72  | 0,04362 | 91  | 0,03452 |
| 13  | 0,23932 | 33  | 0,09506 | 53  | 0,05924 | 73  | 0,04302 | 92  | 0,03414 |
| 14  | 0,22252 | 34  | 0,09227 | 54  | 0,05814 | 74  | 0,04244 | 93  | 0,03377 |
| 15  | 0,20791 | 35  | 0,08964 | 55  | 0,05709 | 75  | 0,04188 | 94  | 0,03341 |
| 16  | 0,19509 | 36  | 0,08716 | 56  | 0,05607 | 76  | 0,04132 | 95  | 0,03306 |
| 17  | 0,18375 | 37  | 0,08481 | 57  | 0,05509 | 77  | 0,04079 | 96  | 0,03272 |
| 18  | 0,17365 | 38  | 0,08258 | 58  | 0,05414 | 78  | 0,04027 | 97  | 0,03238 |
| 19  | 0,16460 | 39  | 0,08047 | 59  | 0,05322 | 79  | 0,03976 | 98  | 0,03205 |
| 20  | 0,15643 | 40  | 0,07846 | 60  | 0,05234 | 80  | 0,03926 | 99  | 0,03173 |
| 21  | 0,14904 | 41  | 0,07655 | 61  | 0,05148 | 81  | 0,03878 | 100 | 0,03141 |
| 22  | 0,14232 | 42  | 0,07473 | 62  | 0,05065 |     |         |     |         |

**Правила пользования таблицей.** Хорду  $S_n$  для деления окружности заданного диаметра  $D$  на  $n$  равных частей вычисляют по формуле:  $S_n = D \cdot S$ , где  $S$  — длина хорды, взятая по таблице для заданного значения  $n$ . Например, при  $D = 375$  мм  $n = 36$ ,  $S = 0,08716$ ,  $S_n = 375 \times 0,08716 = 32,685 = 32,7$ .

## 22. Периметры, площади и другие соотношения плоских фигур

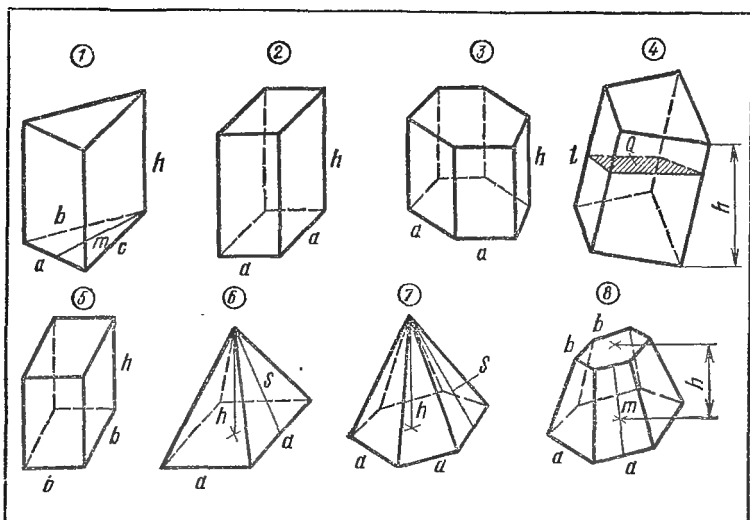


| Номер<br>эскиза | Плоская фигура<br>и обозначения                                                                                     | Периметр $P$ , площадь $S$                                                                                                                                                        | Другие<br>соотношения<br>элементов<br>фигуры                                                                                                    |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1               | Параллелограмм:<br>$h$ — высота                                                                                     | $P = 2(a + b);$<br>$S = ah = ab \sin \alpha =$<br>$= ab \sin \beta$                                                                                                               | $d_1 \neq d_2;$<br>$\alpha = \gamma \neq 90^\circ;$<br>$\beta = \delta \neq 90^\circ;$<br>$\alpha + \beta = \gamma +$<br>$+ \delta = 180^\circ$ |
| 2               | Трапеция:<br>$h$ — высота;<br>$m$ — средняя<br>линия                                                                | $P = a + b + c + d;$<br>$S = \frac{1}{2}(a + b)h = m \cdot h$                                                                                                                     | $m = \frac{a + b}{2};$<br>$h = c \sin \alpha$                                                                                                   |
| 3               | Четырехугольник<br>выпуклый:<br>$m$ — линия, со-<br>единяющая се-<br>редины диаго-<br>налей; $h_1, h_2$ —<br>высоты | $P = a + b + c + d;$<br>$S = \frac{1}{2} D_1 D_2 \sin \varphi =$<br>$= \frac{1}{4} (b^2 + d^2 - a^2 -$<br>$- c^2) \operatorname{tg} \varphi = \frac{1}{2} (h_1 +$<br>$+ h_2) D_1$ | $a^2 + b^2 +$<br>$+ c^2 + d^2 =$<br>$= D_1^2 + D_2^2 +$<br>$+ 4m^2$                                                                             |

| Номер<br>эскиза | Плоская фигура<br>и обозначения                                               | Периметр $P$ , площадь $S$                                                                                                                                                                                                                     | Другие<br>соотношения<br>элементов<br>фигуры                         |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 4               | Четырехуголь-<br>ник, вписанный<br>в окружность:<br>$p$ — полупери-<br>метр   | $P = a + b + c + d;$ $S = \frac{1}{2} D_1 D_2 \sin \varphi =$ $= \frac{1}{2} (ab + bc) \sin \alpha =$ $= 2R^2 \sin \alpha \sin \beta \sin \varphi =$ $= \frac{1}{2} (ac + bd) \sin \varphi =$ $= \sqrt{(p-a)(p-b) \times$ $\times (p-c)(p-d)}$ | $\alpha + \gamma = \beta +$ $+ \delta = 180^\circ$                   |
| 5               | Четырехугольник<br>с вписанной ок-<br>ружностью:<br>$p$ — полупери-<br>метр   | $P = a + b + c + d;$ $S = rp = (a + c) r =$ $= (b + d) r =$ $= \frac{1}{2} D_1 D_2 \sin \varphi$                                                                                                                                               | $a + c = b + d$                                                      |
| 6               | Многоугольник<br>любой                                                        | $P = a + b + c + d + \dots$ $S = S_1 + S_2 + S_3 + \dots$                                                                                                                                                                                      | —                                                                    |
| 7               | Сектор круговой:<br>$l$ — длина ду-<br>ги; $a$ — хорда                        | $P = 2r + l;$ $S = \frac{lr}{2} = \frac{\pi r^2 \alpha}{360^\circ}$                                                                                                                                                                            | $l = \frac{\pi r \alpha}{180^\circ};$                                |
| 8               | Сегмент круго-<br>вой:<br>$l$ — длина ду-<br>ги; $a$ — хорда;<br>$h$ — высота | $P = l + a;$ $S = \frac{lr - a(r - h)}{2} =$ $= \frac{r^2}{2} \left( \frac{\pi \alpha}{180^\circ} - \sin \alpha \right)$                                                                                                                       | $a = 2r \sin \frac{\alpha}{2};$ $\alpha = \frac{180^\circ l}{\pi r}$ |
| 9               | Часть кругового<br>кольца                                                     | $P = \frac{\pi \alpha}{180^\circ} (R + r) + 2a;$ $S = \pi a r_{cp} \frac{\alpha}{180^\circ} = \frac{\pi \alpha}{360^\circ} \times$ $\times (R^2 - r^2)$                                                                                        | —                                                                    |
| 10              | Эллипс:<br>$a$ , $b$ — полу-<br>оси; $F_1$ , $F_2$ —<br>фокусы                | $P = \pi \sqrt{2(a^2 + b^2)};$ $S = \pi ab$                                                                                                                                                                                                    | $c = \sqrt{a^2 - b^2};$ $F_1 M + F_2 M =$ $= 2a$                     |

## 23. Поверхности и объемы тел

Поверхности (боковая  $S_6$ , полная  $S_{\Pi}$ )  
и объемы  $V$  многогранников



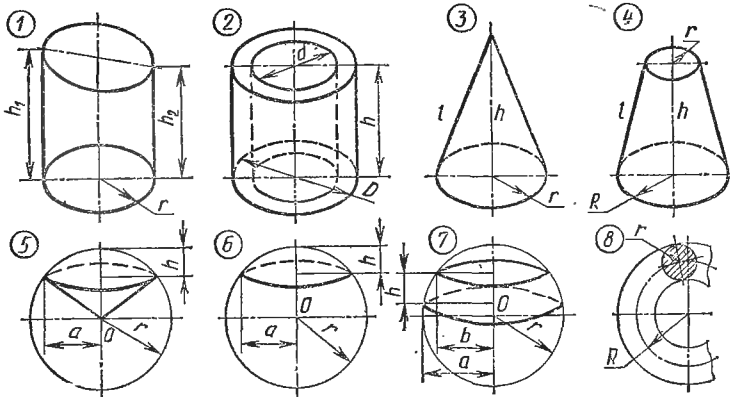
| Номер<br>эскиза | Многогранник и обозначения                                                   | Расчетные формулы                                                    |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| —               | Куб; $a$ — ребро куба                                                        | $V = a^3$ ; $S_{\Pi} = 6a^2$                                         |
| 1               | Призма:<br>прямая трехгранная; $m$ —<br>высота на сторону $a$ осно-<br>вания | $V = \frac{am}{2}h$ ; $S_{\Pi} = S_6 + am$ ;<br>$S_6 = (a + b + c)h$ |
| 2               | прямая четырехгранная                                                        | $V = a^2h$ ; $S_6 = 4ah$ ;<br>$S_{\Pi} = S_6 + 2a^2$                 |
| 3               | прямая шестигранная;<br>$a$ — сторона основания                              | $V = 2,598a^2h$ ; $S_6 = 6ah$ ;<br>$S_{\Pi} = 5,196a^2 + 6ah$        |



| Номер<br>эскиза | Многогранник и обозначения                                                                       | Расчетные формулы                                                                                      |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4               | наклонная; $B$ — площадь основания, $P_c$ и $Q_c$ — периметр и площадь перпендикулярного сечения | $V = Bh = Q_c l; \quad S_6 = P_c l;$ $S_{\Pi} = S_6 + 2B$                                              |
| 5               | Параллелепипед                                                                                   | $V = abh; \quad S_6 = 2h(a + b);$ $S_{\Pi} = S_6 + 2ab$                                                |
| 6               | Пирамида правильная:<br>с квадратом в основании;<br>$s$ — апофема                                | $V = \frac{a^2 h}{3}; \quad S_6 = 2as;$ $S_{\Pi} = S_6 + a^2$                                          |
| 7               | с правильным $n$ -угольником в основании; $B$ — площадь основания; $s$ — апофема                 | $V = \frac{Bh}{3}; \quad S_6 = \frac{nas}{3};$ $S_{\Pi} = S_6 + B$                                     |
| 8               | усеченная; $B_1$ и $B_2$ — площади оснований; $a$ и $b$ — стороны оснований; $m$ — апофема       | $V = \frac{h}{3}(B_1 + B_2 + \sqrt{B_1 B_2});$ $S_6 = mn \frac{a + b}{2};$ $S_{\Pi} = S_6 + B_1 + B_2$ |
| —               | Пирамида любая:<br>$B$ — площадь основания;<br>$h$ — высота                                      | $V = \frac{B \cdot h}{3}$                                                                              |

Продолжение табл. 23

Поверхности (боковая  $S_6$ , полная  $S_{\Pi}$ )  
и объемы  $V$  тел вращения



| Номер<br>эскиза | Тело вращения<br>и обозначения                                          | Расчетные формулы                                                                                                                                                 |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| —               | Цилиндр круглый<br>прямой; $d$ — диа-<br>метр цилиндра;<br>$h$ — высота | $V = \frac{d^2 \pi h}{4}; \quad S_6 = \pi d h; \quad S_{\Pi} = S_6 + \frac{\pi d^2}{2}$                                                                           |
| 1               | Цилиндр круглый<br>прямой усеченный                                     | $V = \pi r^2 \frac{h_1 + h_2}{2}; \quad S_6 = \pi r (h_1 + h_2);$<br>$S_{\Pi} = S_6 + \pi r \left[ r + \sqrt{r^2 + \left( \frac{h_1 - h_2}{2} \right)^2} \right]$ |
| 2               | Цилиндрическая<br>труба                                                 | $V = \frac{\pi h}{4} (D^2 - d^2);$<br>$S_{\Pi} = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{2} + \pi h (D + d)$                                                                       |

Продолжение табл. 23

| Номер<br>эскиза | Тело вращения<br>и обозначения               | Расчетные формулы                                                                                                        |
|-----------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3               | Конус:<br>круглый<br>прямой                  | $V = \frac{1}{3} \pi r^2 h; \quad S_6 = \pi r l = \pi r \sqrt{r^2 + h^2};$ $S_{\Pi} = \pi r (r + l)$                     |
| 4               | Круглый прямой<br>усеченный                  | $V = \frac{1}{3} \pi h (R^2 + r^2 + Rr); \quad S_6 = \pi l (R + r);$ $S_{\Pi} = \pi [R^2 + r^2 + l (R + r)]$             |
| —               | Шар; $r$ и $d$ ра-<br>диус и диаметр<br>шара | $V = \frac{1}{6} \pi d^3 = \frac{4}{3} \pi r^3; \quad S_{\Pi} = 4\pi r^2 = \pi d^2$                                      |
| 5               | Шаровой сектор                               | $V = \frac{2}{3} \pi r^2 h; \quad S_6 = 2\pi r h;$ $S_{\Pi} = \pi r (2h + a)$                                            |
| 6               | Шаровой сегмент                              | $V = \frac{1}{6} \pi h (3a^2 + h^2);$ $S_6 = 2\pi r h = \pi (a^2 + h^2);$ $S_{\Pi} = \pi (2rh + a^2) = \pi (h^2 + 2a^2)$ |
| 7               | Шаровой слой                                 | $V = \frac{1}{6} \pi h (3a^2 + 3b^2 + h^2); \quad S_6 = 2\pi r h;$ $S_{\Pi} = \pi (2rh + a^2 + b^2)$                     |
| 8               | Тор                                          | $V = 2\pi R r^2; \quad S_{\Pi} = 4\pi^2 R r$                                                                             |

## СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

## 24. Параметры движения

## Прямолинейное движение

Обозначения:  $s$  — путь, м;  $t$  — время, с;  $v_t$  — скорость, м/с;  
 $a$  — ускорение, м/с<sup>2</sup>;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  
 $v_0$  — начальная скорость, м/с

## равномерное

$$s = vt; \quad t = \frac{s}{v}; \quad v = \frac{s}{t} \quad (v_t = v = \text{const})$$

равномерно-ускоренное ( $v_0 = 0$ )

$$s = \frac{v_t t}{2} = \frac{at^2}{2} = \frac{v_t^2}{2a}; \quad t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \frac{v_t}{a} = \frac{2s}{v_t};$$

$$v = \sqrt{2as} = \frac{2s}{t} = at; \quad a = \frac{v_t}{t} = \frac{2s}{t^2} = \frac{v_t^2}{2s}$$

равномерно-ускоренное ( $v_0 \neq 0$ )

$$s = \frac{t(v_0 + v_t)}{2} = v_0 t + \frac{at^2}{2}; \quad v_t = v_0 + at = \frac{s}{t} + \frac{at}{2};$$

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{2(s - v_0 t)}{t^2}; \quad t = \frac{v_t - v_0}{a} = \frac{2s}{v_0 + v_t}$$

## равномерно-замедленное

$$s = \frac{t(v_0 + v_t)}{2} = v_0 t - \frac{at^2}{2}; \quad t = \frac{v_0 - v_t}{a} = \frac{2s}{v_0 + v_t};$$

$$v_t = v_0 - at = \frac{s}{t} - \frac{1}{2} at; \quad a = \frac{v_0 - v_t}{t} = \frac{2(v_0 t - s)}{t^2}$$

Свободное падение<sup>1</sup>

$$s = \frac{v_t t}{2} = \frac{gt^2}{2}; \quad t = \sqrt{\frac{2s}{g}}; \quad v = gt$$

<sup>1</sup> Свободное падение тела под действием силы тяжести есть равномерно-ускоренное движение с ускорением свободного падения.

## Вращательное движение

Обозначения:  $\alpha_t$  — угловой путь, пройденный радиусом за время  $t$ , рад;  $t$  — время, с;  $\omega_t$  — угловая скорость, 1/с;  $\varepsilon$  — угловое ускорение, 1/с<sup>2</sup>;  $n$  — частота вращения, об/мин;  $v$  — линейная скорость на радиусе, м/с;  $\omega_0$  — начальная угловая скорость, 1/с

*равномерное*

$$\alpha_t = \omega t = \frac{\pi n}{30} t; \quad t = \frac{\alpha_t}{\omega} = \frac{30 \alpha_t}{\pi n};$$

$$\omega = \frac{\alpha_t}{t} \quad (\omega_t = \omega = \text{const}); \quad v = \frac{\pi r n}{30} = r \omega;$$

*равномерно-ускоренное ( $\omega_0 = 0$ )*

$$\alpha_t = \frac{\omega_t t}{2} = \frac{\varepsilon t^2}{2} = \frac{\omega_t^2}{2\varepsilon}; \quad t = \frac{2\alpha_t}{\omega_t} = \sqrt{\frac{2\alpha_t}{\varepsilon}} = \frac{\omega_t}{\varepsilon};$$

$$\omega_t = \frac{2\alpha_t}{t} = \sqrt{2\varepsilon\alpha_t} = \varepsilon t; \quad \varepsilon = \frac{\omega_t}{t} = \frac{2\alpha_t}{t^2} = \frac{\omega_t^2}{2\alpha_t};$$

*равномерно-ускоренное ( $\omega_0 \neq 0$ )*

$$\alpha_t = \frac{(\omega_0 + \omega_t) t}{2} = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}; \quad t = \frac{\omega_t - \omega_0}{\varepsilon};$$

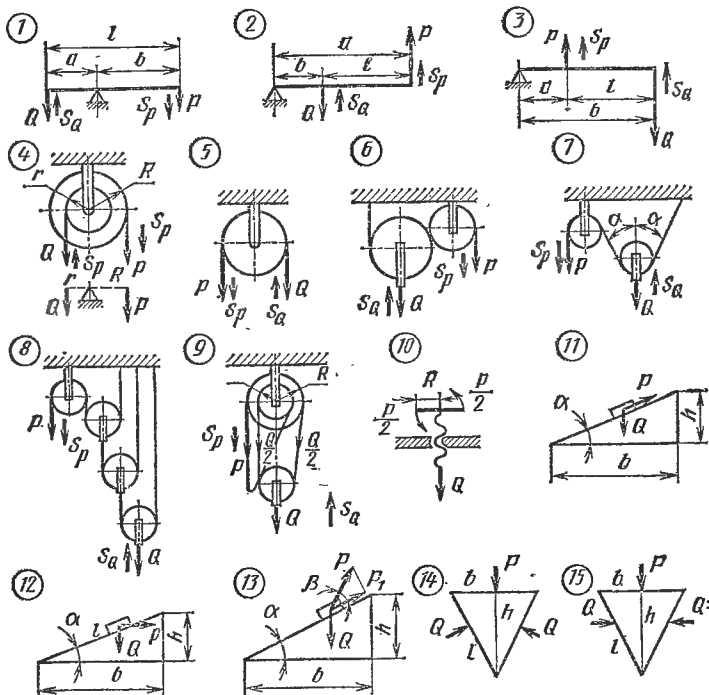
$$\omega_t = \omega_0 + \varepsilon t = \frac{\alpha_t}{t} + \frac{\varepsilon t}{2}; \quad \varepsilon = \frac{\omega_t - \omega_0}{t} = 2 \frac{\alpha_t - \omega_0 t}{t^2};$$

*равномерно-замедленное*

$$\alpha_t = \frac{(\omega_0 + \omega_t) t}{2} = \omega_0 t - \frac{\varepsilon t^2}{2}; \quad t = \frac{\omega_0 - \omega_t}{\varepsilon};$$

$$\omega_t = \omega_0 - \varepsilon t = \frac{\alpha_t}{t} - \frac{\varepsilon t}{2}; \quad \varepsilon = \frac{\omega_0 - \omega_t}{t} = 2 \frac{\omega_0 t - \alpha_t}{t^2}$$

## 25. Расчет простейших механизмов (без учета трения)



| Номер<br>эскиза | Механизм                 | Формулы для определения                                                 |                                                    |
|-----------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                 |                          | сил                                                                     | перемещений                                        |
| 1               | Рычаг<br>первого<br>рода | $P = Q \frac{a}{l};$ $b = \frac{Ql}{Q + P}; \quad a = \frac{Pl}{Q + P}$ | $S_P = -S_Q \frac{b}{a};$ $S_Q = -S_P \frac{a}{b}$ |
| 2, 3            | Рычаг<br>второго<br>рода | $P = Q \frac{b}{a};$ $a = \frac{Ql}{P - Q}; \quad b = \frac{Pl}{P - Q}$ | $S_P = S_Q \frac{a}{b};$ $S_Q = S_P \frac{b}{a}$   |

Продолжение табл. 25

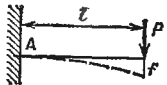
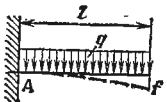
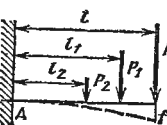
| Номер<br>эскиза | Механизм                      | Формулы для определения                              |                             |
|-----------------|-------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------|
|                 |                               | сил                                                  | перемещений                 |
| 4               | Ворот                         | $P = Q \frac{r}{R}$                                  | $S_P = -S_Q \frac{R}{r}$    |
| 5               | Блок                          | $P = Q$                                              | $S_P = -S_Q$                |
| 6               | Системы<br>блоков             | $P = \frac{Q}{2}$                                    | $S_P = -2S_Q$               |
| 7               |                               | $P = \frac{Q}{2 \cos \alpha}$                        | $S_P = -2S_Q \cos \alpha$   |
| 8               |                               | $P = \frac{Q}{2^n},$<br>$n$ — число подвижных блоков | $S_P = -S_Q 2^n$            |
| 9               | Дифферен-<br>циальный<br>блок | $P = Q \frac{R-r}{2R}$                               | $S_P = -S_Q \frac{2R}{R-r}$ |

## Винтовой и клиновые механизмы

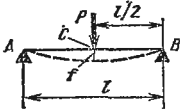
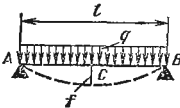
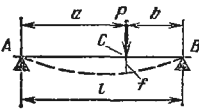
| Номер<br>эскиза | Формулы<br>для определения сил                   | Номер<br>эскиза | Формулы<br>для определения сил                                   |
|-----------------|--------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------|
| 10              | $P = \frac{Qt}{2\pi R},$<br>$t$ — шаг винта      | 13              | $P = Q \frac{\sin \alpha}{\cos \beta};$<br>$P_1 = Q \sin \alpha$ |
| 11              | $P = Q \frac{h}{l} = Q \sin \alpha$              | 14              | $P = Q \frac{b}{l} = Q \sin \alpha$                              |
| 12              | $P = Q \frac{h}{l} = Q \operatorname{tg} \alpha$ | 15              | $P = Q \frac{b}{h} = Q \operatorname{tg} \alpha$                 |

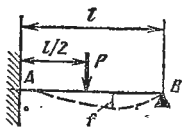
# 26. Расчет балок с различным нагружением

(значения  $J$  и  $Z$  см. в табл. 28)

| Схема нагружения                                                                 | Реакции опор $A$ и $B$ ;<br>максимальный изгибающий момент $M_{\max}$ | Допустимая<br>нагрузка                          | Максимальный<br>прогиб $f$                            | Опасное<br>сечение |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------|
|  | $A = P; \quad M_{\max} = Pl$                                          | $P_{\text{д}} = \frac{\sigma_{\text{н}} Z}{l}$  | $\frac{Pl^3}{3EJ}$                                    | $A$                |
|  | $A = Q; \quad Q = ql; \quad M_{\max} = \frac{Ql}{2}$                  | $Q_{\text{д}} = \frac{2\sigma_{\text{н}} Z}{l}$ | $\frac{Ql^3}{8EJ}$                                    | $A$                |
|  | $A = P_1 + P_2 + P;$<br>$M_{\max} = Pl + P_1 l_1 + P_2 l_2$           | —                                               | $\frac{1}{3EJ} (Pl^3 +$<br>$+ P_1 l_1^3 + P_2 l_2^3)$ | $A$                |



| Схема нагружения                                                                 | Реакции опор $A$ и $B$ ;<br>максимальный изгибающий момент $M_{\max}$  | Допустимая<br>нагрузка                          | Максимальный<br>прогиб $f$ | Опасное<br>сечение |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------|--------------------|
|  | $A = B = \frac{P}{2}; \quad M_{\max} = \frac{Pl}{4}$                   | $P_{\text{д}} = \frac{4\sigma_{\text{в}}Z}{l}$  | $\frac{Pl^3}{48EJ}$        | $C$                |
|  | $A = B = \frac{Q}{2}; \quad Q = ql;$ $M_{\max} = \frac{Ql}{8}$         | $Q_{\text{д}} = \frac{8\sigma_{\text{в}}Z}{l}$  | $\frac{5Ql^3}{384EJ}$      | $C$                |
|  | $A = \frac{Pb}{l}; \quad B = \frac{Pa}{l};$ $M_{\max} = \frac{Pab}{l}$ | $P_{\text{д}} = \frac{\sigma_{\text{в}}Zl}{ab}$ | $\frac{Pa^2b^3}{3EJl}$     | $C$                |



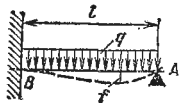
$$A = \frac{5P}{16}; \quad B = \frac{11P}{16};$$

$$M_{\max} = \frac{3Pl}{16}$$

$$P_{\pi} = \frac{16\sigma_{\pi}Z}{l}$$

$$\frac{7Pl^3}{768EJ}$$

A



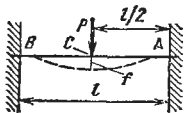
$$A = \frac{30Q}{8}; \quad B = \frac{5Q}{8};$$

$$Q = ql; \quad M_{\max} = \frac{Ql}{8}$$

$$Q_{\pi} = \frac{8\sigma_{\pi}Z}{l}$$

$$\frac{Ql^3}{185EJ}$$

B

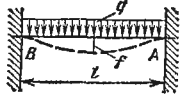
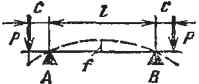
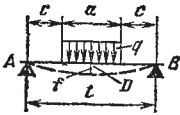


$$A = B = \frac{P}{2}; \quad M_{\max} = \frac{Pl}{8}$$

$$P_{\pi} = \frac{8\sigma_{\pi}Z}{l}$$

$$\frac{Pl}{192EJ}$$

A, B, C

| Схема нагружения                                                                 | Реакции опор $A$ и $B$ :<br>максимальный изгибающий момент $M_{\max}$ | Допустимая нагрузка                                 | Максимальный прогиб $f$                                                              | Опасное сечение |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|  | $A = B = \frac{Q}{2}; \quad Q = ql;$ $M_{\max} = \frac{Ql}{12}$       | $Q_{\text{д}} = \frac{12\sigma_{\text{в}}Z}{l}$     | $\frac{Ql^3}{384EJ}$                                                                 | $A, B, C$       |
|  | $A = B = P; \quad M_{\max} = Pc = \text{const}$                       | $P_{\text{д}} = \frac{\sigma_{\text{в}}Z}{c}$       | $f_1 = \frac{Pl^3c}{8EJl};$ $f_2 = \frac{Pc^2}{3EJ} \left( c + \frac{3l}{2} \right)$ | Все сечения     |
|  | $A = B = \frac{Q}{2}; \quad Q = qa;$ $M_{\max} = \frac{Q(2l - a)}{8}$ | $Q_{\text{д}} = \frac{8\sigma_{\text{в}}Z}{2l - a}$ | $\frac{Q}{384EJ} (8l^3 - 4l^2a + a^3)$                                               | $D$             |

## 27. Расчет прямых стержней постоянного сечения на устойчивость

В общем случае величину критической силы  $P_{кр}$ , при которой прямолинейная форма стержня становится неустойчивой, определяют по формуле Эйлера:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 EJ}{l_{пр}^2},$$

где  $E$  — модуль продольной упругости материала стержня (модуль Юнга);  $J$  — минимальный осевой момент инерции поперечного сечения стержня;  $l_{пр}$  — приведенная длина стержня ( $l_{пр} = \nu l$ , здесь  $\nu$  — коэффициент приведения, зависящий от схемы нагружения и закрепления стержня).

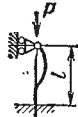
Критическое напряжение

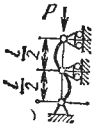
$$\sigma_{кр} = \frac{P_{кр}}{F} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2},$$

где  $\lambda = \frac{l_{пр}}{i}$  — гибкость стержня ( $i$  — минимальный радиус поперечного сечения стержня, см. табл. 28).

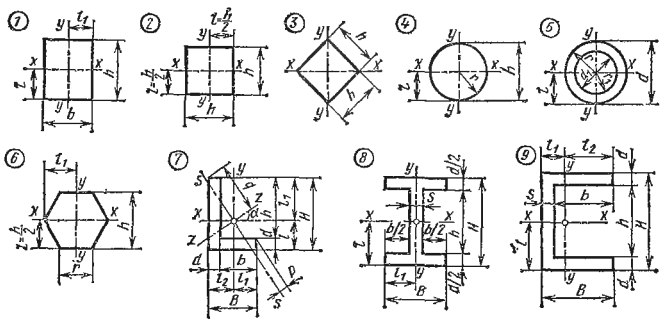
### Схемы нагружения и закрепления стержней

Обозначения:  $P_{кр}$  — критическая сила;  $l_{пр}$  — приведенная длина стержня;  $J$  — минимальный допустимый осевой момент инерции поперечного сечения стержня при силе  $P$ .

| Схема                                                                              | $P_{кр}$                | $l_{пр}$ | $J$                     | Схема                                                                               | $P_{кр}$                | $l_{пр}$ | $J$                     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------|-------------------------|
|  | $\frac{\pi^2 EJ}{l^2}$  | $l$      | $\frac{Pl^2}{\pi^2 E}$  |  | $\frac{4\pi^2 EJ}{l^2}$ | $0,5l$   | $\frac{Pl^2}{2\pi^2 E}$ |
|  | $\frac{\pi^2 EJ}{4l^2}$ | $2l$     | $\frac{4Pl^2}{\pi^2 E}$ |  | $\frac{2\pi^2 EJ}{l^2}$ | $0,707l$ | $\frac{Pl^2}{2\pi^2 E}$ |

| Схема                                                                            | $P_{кр}$               | $l_{пр}$ | $J$                    | Схема                                                                             | $P_{кр}$                | $l_{пр}$ | $J$                     |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------|-------------------------|
|  | $\frac{\pi^2 EJ}{l^2}$ | $l$      | $\frac{Pl^2}{\pi^2 E}$ |  | $\frac{4\pi^2 EJ}{l^2}$ | $0,5l$   | $\frac{Pl^2}{4\pi^2 E}$ |

**28. Осевые моменты, моменты сопротивления и минимальный радиус инерции наиболее распространенных профилей**

|                                                                                   |                                                     |                                                   |                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
|  |                                                     |                                                   |                                                             |
| Номер эскиза                                                                      | Осевой момент инерции, см <sup>4</sup>              | Момент сопротивления, см <sup>3</sup>             | Минимальный радиус инерции поперечного сечения              |
| 1                                                                                 | $J_x = \frac{bh^3}{12};$<br>$J_y = \frac{b^3h}{12}$ | $Z_x = \frac{bh^2}{6};$<br>$Z_y = \frac{b^2h}{6}$ | $i_x = \frac{h}{\sqrt{12}};$<br>$i_y = \frac{b}{\sqrt{12}}$ |
| 2                                                                                 | $J_x = J_y = \frac{h^4}{12}$                        | $Z_x = Z_y = \frac{h^3}{6}$                       | $i_x = i_y = \frac{h}{12}$                                  |

Продолжение табл. 28

| Номер<br>эскиза | Осевой момент<br>инерции, см <sup>4</sup>                                                                                                                                                                                                                 | Момент сопротив-<br>ления, см <sup>3</sup>                                                              | Минимальный<br>радиус инерции<br>поперечного<br>сечения                                                                                          |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3               | $J_x = J_y = \frac{h^4}{12}$                                                                                                                                                                                                                              | $Z_x = Z_y = \frac{h^3 \sqrt{2}}{12}$                                                                   | $i_x = i_y = \frac{h}{\sqrt{12}}$                                                                                                                |
| 4               | $J_x = J_y = \frac{\pi d^4}{64}$                                                                                                                                                                                                                          | $Z_x = Z_y = \frac{\pi d^3}{32}$                                                                        | $i_x = i_y = \frac{d}{4} = \frac{r}{2}$                                                                                                          |
| 5               | $J_x = J_y = \frac{\pi}{64} (d^4 - d_1^4) = \frac{\pi}{4} (r^4 - r_1^4)$                                                                                                                                                                                  | $Z_x = Z_y = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d^4 - d_1^4}{d} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{r^4 - r_1^4}{r}$    | $i_x = i_y = \frac{\sqrt{d^2 - d_1^2}}{4}$                                                                                                       |
| 6               | $J_x = J_y = 0,5431r^4$                                                                                                                                                                                                                                   | $Z_x = 0,6250r^3;$<br>$Z_y = 0,5413r^3$                                                                 | $i_x = i_y = 0,4565r$                                                                                                                            |
| 7               | $J_x = \frac{1}{3} [d(H-l)^3 + Bl^3 - b(l-d)^3];$<br>$J_y = \frac{1}{3} [d(B-l_2)^3 + Hl_2^3 - h(l_2-d)^3];$<br>$J_s = \frac{J_y \cos^2 \alpha - J_x \sin^2 \alpha}{\cos 2\alpha};$<br>$J_z = \frac{J_x \cos^2 \alpha - J_y \sin^2 \alpha}{\cos 2\alpha}$ | $Z_x = \frac{J_x}{l_1};$<br>$Z_y = \frac{J_y}{l_2};$<br>$Z_s = \frac{J_s}{p};$<br>$Z_z = \frac{J_z}{s}$ | $i_x = \sqrt{\frac{J_x}{F}};$<br>$i_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}};$<br>$i_s = \sqrt{\frac{J_s}{F}};$<br>$i_z = \sqrt{\frac{J_z}{F}};$<br>$F = d(b+H)$ |
| 8               | $J_x = \frac{1}{12} (BH^3 - bh^3);$<br>$J_y = \frac{1}{12} (dB^3 + hs^3)$                                                                                                                                                                                 | $Z_x = \frac{BH^3 - bh^3}{6H};$<br>$Z_y = \frac{dB^3 + hs^3}{6B}$                                       | $i_x = \sqrt{\frac{BH^3 - bh^3}{12(BH - bh)}};$<br>$i_y = \sqrt{\frac{dB^3 + hs^3}{12(BH - bh)}}$                                                |

| Номер<br>эскиза | Осевой момент<br>инерции, см <sup>4</sup>                                                                                                                                                                             | Момент сопротив-<br>ления, см <sup>3</sup>                                             | Минимальный<br>радиус инерции<br>поперечного<br>сечения                                         |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9               | $J_x = \frac{1}{12} (BH^3 - bh^3);$ $J_y = \frac{1}{12} (Hs^3 + db^3) +$ $+ Hs \left( l_1 - \frac{s}{2} \right)^2 +$ $+ bd \left( l_2 - \frac{b}{2} \right)^2 =$ $= \frac{1}{3} [Hl_1^3 - h(l_1 -$ $- s)^3 + dl_2^3]$ | $Z_x = \frac{BH^3 - bh^3}{6H};$ $Z_{y1} = \frac{J_y}{l_1};$ $Z_{y2} = \frac{J_y}{l_2}$ | $l_x =$ $= \sqrt{\frac{BH^3 - bh^3}{12(BH - bh)}};$ $l_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}};$ $F = BH - bh$ |

Разность квадратов функций двух углов

$$\sin^2 \alpha - \sin^2 \beta = \cos^2 \beta - \cos^2 \alpha =$$

$$= \sin(\alpha + \beta) \sin(\alpha - \beta);$$

$$\cos^2 \alpha - \sin^2 \beta = \cos^2 \beta - \sin^2 \alpha =$$

$$= \cos(\alpha + \beta) \cos(\alpha - \beta).$$

### ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТОВ С ПОМОЩЬЮ МИКРОКАЛЬКУЛЯТОРОВ

Микрокалькуляторами (МК) называют малогабаритные электронные вычислительные машины. По функциональным возможностям различают:

*арифметические МК*; предназначены для выполнения простейших арифметических расчетов;

*инженерные МК*; позволяют выполнять более сложные вычисления, например, вычисление значений логарифмов, тригонометрических функций и т. п.;

*программируемые МК*; позволяют выполнять вычисления по заранее составленным и введенным в память программам.

Вычисление на МК сводится к последовательному нажатию клавиш (кнопок) на панели МК и считыванию ре-

зультатов со светящегося индикатора (дисплея).

В процессе вычислений на МК числа размещаются в специальных устройствах памяти — регистрах. На индикаторе всегда высвечивается то число, которое хранится в регистре индикации (регистр X). Регистр X является одним из операционных регистров; другим операционным регистром является рабочий регистр Y. Многие типы МК имеют дополнительные регистры памяти (П), которые позволяют хранить промежуточные результаты вычислений, освобождая оператора от необходимости записывать их при выполнении сложных и продолжительных вычислений.

**Вычисления на арифметических МК.** Управляющая клавиатура арифметических МК (рис. 3) состоит из цифровых клавиш, предназначенных для ввода чисел, и операционных клавиш, посредством которых дается команда на выполнение требуемых вычислений. Число операционных клавиш МК различных типов зависит от функциональных возможностей МК (табл. 29).

**Ввод числа** осуществляется последовательным однократным нажатием цифровых клавиш, соответствующих цифрам вводимого числа. Десятичная запятая вводится нажатием клавиши с точкой ( $\left[ \cdot \right]$ ). Например, для ввода числа 13,068 необходимо последовательно нажать клавиши  $\left[ 1 \right]$ ,  $\left[ 3 \right]$ ,  $\left[ \cdot \right]$ ,  $\left[ 0 \right]$ ,  $\left[ 6 \right]$ ,  $\left[ 8 \right]$ . Правильность ввода числа контролируется по индикатору, на котором последовательно высвечиваются набираемые цифры. Для ввода отрицательного числа предварительно нажимается клавиша  $\left[ /- / \right]$ . При нажатии клавиши  $\left[ /- / \right]$  после ввода числа знак введенного числа меняется на противоположный. Многие МК имеют операционную клавишу  $\left[ \leftrightarrow \right]$ , нажатие которой осуществляет обмен содержимым между регистрами X и Y; при этом на индикаторе высвечивается число, ко-

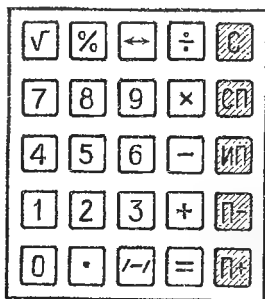


Рис. 3. Клавиатура МК «Электроника БЗ-26»



## 29. Функциональные возможности МК

| Выполняемые действия                     | Марка МК |       |        |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------------------------------|----------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                          | БЗ-14    | БЗ-23 | БЗ-241 | МК-27 | БЗ-26 | БЗ-30 | БЗ-39 | МК-33 | МК-40 | МК-53 |
| Четыре арифметических действия           | +        | +     | +      | +     | +     | +     | +     | +     | +     | +     |
| Вычисления с константой                  | +        | +     | +      | +     | +     | +     | +     | +     | +     | +     |
| Вычисление обратной величины             | +        |       |        | +     | +     |       | +     |       |       |       |
| Извлечение квадратного корня             | +        |       |        | +     | +     | +     |       |       |       | +     |
| Вычисление процента от числа             | +        |       |        | +     | +     | +     | +     | +     | +     | +     |
| Накопление в отдельном регистре памяти   |          |       | +      | +     | +     |       |       | +     | +     | +     |
| Вычитание из содержимого регистра памяти |          |       |        | +     | +     |       |       | +     | +     | +     |
| Обмен содержимым регистров X и Y         |          |       |        | +     | +     |       |       | +     |       |       |
| Изменение знака числа                    |          |       |        | +     | +     |       |       | +     | +     | +     |

торое до нажатия клавиши  $\boxed{\leftrightarrow}$  хранилось в регистре Y. Освобождение (гашение) регистров X и Y от хранящихся в них чисел осуществляется нажатием кнопки сброса  $\boxed{C}$ ; при этом на индикаторе высвечивается 0. В некоторых типах МК при первом нажатии клавиши сброса гасится регистр X, а при повторном нажатии — регистр Y.

Выполнение арифметических действий. Для выполнения любого арифметического действия (сложения, вычитания, умножения или деления) над двумя десятичными числами необходимо:

- 1) ввести первое число (оно высветится на индикаторе);
- 2) нажать одну из операционных клавиш  $\boxed{+}$ ,  $\boxed{-}$ ,

$\boxed{\times}$  или  $\boxed{\div}$ , соответствующую выполняемому действию (на индикаторе высвечивается первое введенное число);

3) ввести второе число (на индикаторе высвечивается второе число);

4) нажать клавишу  $\boxed{=}$  (на индикаторе высвечивается результат действия).

Например, вычисление суммы чисел 148,3 и 2,46 осуществляется последовательностью действий: ввести число 148,3; нажать клавишу  $\boxed{+}$ ; ввести число 2,46; нажать клавишу  $\boxed{=}$ , при этом на индикаторе высветится результат вычисления — число 150,76. Эту последовательность или программу действий принято изображать в упрощенной форме:

$$148,3 \boxed{+} 2,46 \boxed{=} .$$

В выполнении этой программы в МК участвуют регистры X и Y. Содержимое регистров при решении приведенного выше примера дано в табл. 30.

Если в приведенном выше примере вычисления суммы чисел 148,3 и 2,46 вместо клавиши  $\boxed{=}$  нажать любую из клавиш  $\boxed{+}$ ,  $\boxed{-}$ ,  $\boxed{\times}$ ,  $\boxed{\div}$ , то будет выполнено заданное ранее действие с введенными числами и на индикаторе высветится тот же результат 150,76. Одновременно МК будет подготовлен к выполнению над полученным результатом арифметической операции, клавиша которой была нажата последней. Например, вычисление выражения  $(10,5 + 7,3) \times 0,48 + 12,73$  выполняется по программе:

$$10,5 \boxed{+} 7,3 \boxed{\times} 0,48 \boxed{+} 12,73 \boxed{=} .$$

30. Содержимое регистров и индикатора

| Ввод        | Регистр X<br>и индикатор | Регистр Y |
|-------------|--------------------------|-----------|
| 148,3       | 148,3                    | 0         |
| $\boxed{+}$ | 148,3                    | 148,3     |
| 2,46        | 2,46                     | 148,3     |
| $\boxed{=}$ | 150,76                   | 2,46      |

31. Содержимое регистров  
и индикатора

| Ввод                      | Регистр X<br>и индикатор | Регистр Y |
|---------------------------|--------------------------|-----------|
| 10,6                      | 10,6                     | 0         |
| $\boxed{+}$               | 10,6                     | 10,6      |
| 4,3                       | 4,3                      | 10,6      |
| $\boxed{\div}$            | 14,9                     | 4,3       |
| 48,3                      | 48,3                     | 14,9      |
| $\boxed{\leftrightarrow}$ | 14,9                     | 48,3      |
| $\boxed{=}$               | 3,241                    | 14,9      |

В выражениях, где порядок действий не совпадает с порядком их написания, использование клавиши  $\boxed{\leftrightarrow}$  позволяет исключить промежуточные результаты. Например, выражение  $48,3 : (10,6 + 4,3)$  можно вычислить по программе:

$$10,6 \boxed{+} 4,3 \boxed{\div} 48,3 \boxed{\leftrightarrow} \boxed{=}.$$

Содержание регистров при решении этого примера показано в табл. 31.

Некоторые модели МК имеют дополнительный регистр памяти П, например, в МК БЗ-62, на клавиатуре которого имеются клавиши:  $\boxed{СП}$  — гашение содержимого регистра памяти П;  $\boxed{П+}$  — прибавление числа, хранящегося в регистре X (индикаторе), к содержимому регистра П;  $\boxed{П-}$  — вычитание из содержимого регистра П числа, записанного в регистре X;  $\boxed{ИП}$  — вызов числа из регистра П в регистр X.

Программы вычислений на простейших МК приведены в табл. 32.

## 32. Программы типовых расчетов на простейших МК

| Вычисляемое выражение                 | Программа вычислений                                                                                                                            |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $a^n$                                 | $n \boxed{\times} \boxed{\times} \boxed{\times} \dots \boxed{=} \quad \text{п раз}$                                                             |
| $2n\sqrt[n]{a}$                       | $n \boxed{\sqrt} \boxed{\sqrt} \boxed{\sqrt} \dots \boxed{=} \quad \text{п раз}$                                                                |
| $1/x$                                 | $x \boxed{1/x} ; \text{ или } 1 \boxed{\div} x \boxed{=} ; \text{ или } x \boxed{\div} \boxed{\div} \boxed{\div}$                               |
| $\sqrt{a \times b}$                   | $n \boxed{\times} b \boxed{=} \boxed{\sqrt} \boxed{=}$                                                                                          |
| $\sqrt{a + b \times c}$               | $b \boxed{\times} c \boxed{+} a \boxed{=} \boxed{\sqrt} \boxed{=}$                                                                              |
| $(a + b) : (c - d)$                   | $\boxed{C} n \boxed{c} \boxed{-} d \boxed{=} \boxed{+} n \boxed{a} \boxed{+} b \boxed{\div} \boxed{=} \boxed{=}$                                |
| $\sqrt{a - b} : c \times d$           | $n \boxed{-} b \boxed{=} \boxed{\sqrt} \boxed{\div} c \boxed{\div} d \boxed{=}$                                                                 |
| $(a + b \times c) - (d \times e - k)$ | $\boxed{C} n \boxed{b} \boxed{\times} c \boxed{+} a \boxed{=} \boxed{+} n \boxed{d} \boxed{\times} e \boxed{-} k \boxed{=} \boxed{-} \boxed{=}$ |
| $(a - b \times c) : \sqrt{d - e}$     | $\boxed{C} n \boxed{d} \boxed{-} e \boxed{=} \boxed{\sqrt} \boxed{+} n \boxed{b} \boxed{\times} c \boxed{-} a \boxed{\div} \boxed{=} \boxed{=}$ |

## СВЕДЕНИЯ ИЗ ЕСКД

**Единая система конструкторской документации (ЕСКД)** — комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой организациями и предприятиями (ГОСТ 2.001—70).

**Виды изделий.** Изделием называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии (ГОСТ 2.101—68).

В зависимости от назначения различают изделия основного производства и вспомогательного производства. К первым относятся изделия, предназначенные для поставки; ко вторым — изделия, предназначенные только для собственных нужд.

ГОСТ устанавливает следующие виды изделий:

*деталь* — изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций;

*сборочная единица* — изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сваркой, пайкой, клепкой, склеиванием и др.);

*комплекс* — два специфицированных изделия и более, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимно связанных эксплуатационных функций;

*комплект* — два изделия и более, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющими набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера.

Изделия, в зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей, делят на *неспецифицированные* (детали) — не имеющие составных частей, и *специфицированные* (сборочные единицы, комплексы и комплекты) — состоящие из двух и более составных частей.

**Виды конструкторских документов.** К конструкторским документам согласно ГОСТ 2.102—68 относятся графические (чертеж детали, сборочный чертеж, чертеж общего вида, монтажный чертеж и др.) и текстовые документы (спецификации, пояснительная записка, ведомости, технические условия, программы, методики испытаний, патентный формуляр и др.), которые в отдельности или в совокупности определяют состав или устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

*Чертеж детали* — документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для изготовления и контроля.

*Сборочный чертеж (СБ)* — документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля. К сборочным чертежам относят также гидромонтажные, пневмомонтажные и электромонтажные чертежи.

*Чертеж общего вида (ВО)* — документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и поясняющий принцип работы изделия.

*Технические условия* — документ, содержащий требования (совокупность всех показателей, норм, правил и положений) к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые нецелесообразно указывать в других конструкторских документах.

*Теоретический чертеж (ТЧ)* — документ, определяющий геометрическую форму (обводы изделия и координаты расположения составных частей).

*Габаритный чертеж (ГЧ)* — документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами.

*Монтажный чертеж (МЧ)* — документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия, а также данные, необходимые для его установки (монтажа) на месте применения.

*Схема* — документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

*Спецификация* — документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

По способу выполнения и характеру исполнения различают следующие конструкторские документы.

*Оригиналы* — чертежи, выполненные на любом материале и предназначенные для изготовления по ним подлинников.

*Подлинники* — чертежи, оформленные подлинными установленными подписями и выполненные на любом материале, позволяющем многократное воспроизведение с них копий.

*Дубликаты* — копии подлинников, обеспечивающие идентичность воспроизведения подлинника, выполненные на любом материале, позволяющем снятие с него копий.

*Копии* — документы, выполненные способом, обеспечивающим их идентичность с подлинником (дубликатом), и предназначенные для непосредственного использования при разработке, в производстве, эксплуатации и ремонте изделий.

**Стадии разработки конструкторской документации.** ГОСТ 2.103—68 устанавливает следующие стадии разработки конструкторской документации:

*техническое предложение* — совокупность конструкторских документов, которые должны содержать технические и технико-экономические обоснования целесообразности разработки документации изделия на основании анализа технического задания заказчика и различных вариантов возможных решений изделий, сравнительной оценки решений с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий, а также патентных материалов;

*эскизный проект* — совокупность конструкторских документов, которые должны содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры разрабатываемого изделия;

*технический проект* — совокупность конструкторских документов, которые должны содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей документации.

**Оформление чертежей.** Изображение изделий на чертежах. На чертежах (ГОСТ 2.303—68) применяют следующие виды **л и н и й** (табл. 1):

## 1. Наименование, начертание, назначение и толщина линий

| Наименование линии        | Начертание линии                                                                  | Толщина линий $s$ по отношению к толщине сплошной основной линии | Основное назначение линии                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сплошная толстая основная |  | $s$                                                              | Линии видимого контура (рис. 1, а; линия 1а)<br>Линии перехода видимые (рис. 1, а; линия 1б)<br>Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза) (рис. 1, а; линия 1в)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Сплошная тонкая           |  | От $\frac{s}{3}$<br>до $\frac{s}{2}$                             | Линия контура изложенного сечения (рис. 1, б; линия 2а)<br>Линии размерные и выносные (рис. 1, б; линия 2б)<br>Линии штриховки.<br>Линии-выноски (рис. 1, б; линия 2в)<br>Полки линий-выносок и подчеркивание надписей (рис. 1, б; линии 2г, 2д)<br>Линии для изображения пограничных деталей («обстановка») (рис. 1, б; линия 2е)<br>Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях (рис. 1, б; линия 2ж)<br>Линии перехода изображаемые (рис. 1, б; линия 2з)<br>Следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях |



Продолжение табл. 1

| Наименование линии          | Начертанье линии                                                                                                                                      | Толщина линий в по отношению к толщине сплошной основной линии | Основное назначение линии                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сплошная волнистая          |                                                                      | От $\frac{s}{3}$<br>до $\frac{s}{2}$                           | Линии обрыва (рис. 1, в; линия 3а)<br>Линии разграничения вида и разреза (рис. 1, в; линия 3б)                                                                                                                               |
| Штриховая                   | <br>Длина штрихов 2 ... 8 мм; расстояние между штрихами 1 ... 2 мм   |                                                                | Линии невидимого контура (рис. 1, г; линия 4а)<br>Линии перехода невидимые (рис. 1, г; линия 4б)                                                                                                                             |
| Штрих-пунктирная тонкая     | <br>Длина штрихов 5 ... 30 мм; расстояние между штрихами 3 ... 5 мм  |                                                                | Линии осевые и центровые (рис. 1, д; линия 5а)<br>Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений (рис. 1, д; линия 5б)                                                                      |
| Штрих-пунктирная утолщенная | <br>Длина штрихов 3 ... 8 мм; расстояние между штрихами 3 ... 4 мм |                                                                | Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термической обработке или покрытию (рис. 1, е; линия 6а)<br>Линия для изображения элементов, расплывшихся перед секущей плоскостью («наложенная проекция») (рис. 1, е; линия 6б) |

Продолжение табл. 1

| Наименование линии                     | Начертание линии                                                                                                                                    | Толщина линий $s$ по отношению к толщине сплошной основной линии | Основное назначение линии                                                                                                                                        |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Разомкнутая                            | <br>Длина конечных штрихов 8 ... 20 мм                             | От $s$<br>до $1\frac{1}{2}s$                                     | Линии сечений (рис. 1, е; линия 7)                                                                                                                               |
| Сплошная тонкая с изломами             |                                                                    | От $\frac{s}{3}$<br>до $\frac{s}{2}$                             | Длинные линии обрыва                                                                                                                                             |
| Штрихпунктирная с двумя точками тонкая | Длина штриха 5 ... 30 мм; расстояние между штрихами 4 ... 6 мм<br> | От $\frac{s}{3}$<br>до $\frac{s}{2}$                             | Линии сгиба на развертках<br>Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях<br>Линии для изображения развертки, совмещенной с видом |

сплошные — линии непрерывные;

прерывистые — линии с постоянно повторяющимися одними и теми же элементами (например, штриховые);

чередующиеся — линии с постоянно повторяющимися группами разных элементов (например, штрихпунктирные).

**Ф о р м а т ы.** Согласно ГОСТ 2.301—68 форматом чертежа или другого документа называется размер листа этого документа, определяемый размерами внешней рамки, выполняемой тонкими линиями.

За основной принят формат 1189×841 мм, площадь которого равна 1 м<sup>2</sup>; остальные форматы получают путем последовательного деления соответствующего формата на две равные части параллельно его меньшей стороне.

По ГОСТ 2.301—68 форматы должны обозначаться двумя цифрами (числами), первая из которых показывает

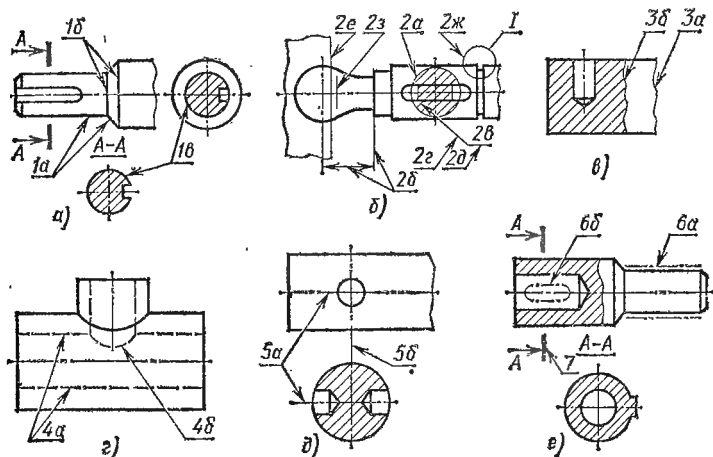


Рис. 1. Примеры выполнения различных видов линий (см. табл. 1)

кратность одной стороны формата величине 297 мм, а вторая — кратность другой стороны величине 210 мм (табл. 2).

**М а с ш т а б ы.** По ГОСТ 2.302—68 масштаб — это отношение линейных размеров изображения предмета на чертеже к его действительным размерам. Масштабы изображений выбираются из ряда, приведенного в табл. 3.

**Ш р и ф т ы ч е р т е ж н ы е.** Изображения на чертежах дополняются надписями, выполняемыми чертежными шрифтами по ГОСТ 2.304—81. Различают буквы пропис-

## 2. Обозначение форматов чертежей

| Обозначение формата чертежа | Размеры сторон формата, мм | Соответствующее обозначение потребительского формата бумаги по ГОСТ 9327—60 (для справок) |
|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 44                          | 1189×841                   | A0                                                                                        |
| 24                          | 594×841                    | A1                                                                                        |
| 22                          | 594×420                    | A2                                                                                        |
| 12                          | 297×420                    | A3                                                                                        |
| 11                          | 297×210                    | A4                                                                                        |

## 3. Масштабы

| Масштаб<br>уменьшения                                                                               | Нату-<br>ральная<br>величина | Масштаб<br>увеличения           | Масштаб<br>уменьшения                                                | Нату-<br>ральная<br>величина | Масштаб<br>увеличения                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1 : 2; 1 : 2,5;<br>1 : 4; 1 : 5;<br>1 : 10; 1 : 15;<br>1 : 20; 1 : 25;<br>1 : 40; 1 : 50;<br>1 : 75 | 1 : 1                        | 2 : 1; 2,5 : 1;<br>4 : 1; 5 : 1 | 1 : 100;<br>1 : 200;<br>1 : 400;<br>1 : 500;<br>1 : 800;<br>1 : 1000 | 1 : 1                        | 10 : 1; 20 : 1;<br>40 : 1; 50 : 1;<br>100 : 1 |

ные и строчные. *Размеры шрифта  $h$*  определяются высотой прописных букв: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40 (в миллиметрах). *Толщина линии шрифта  $d$*  зависит от типа и высоты шрифта (соответствует шагу вспомогательной линии сетки). Стандарт устанавливает четыре типа шрифта:

А — с наклоном около  $75^\circ$  ( $d = (1/14) h$ ; рис. 2—5);

А — без наклона ( $d = (1/14) h$ );

Б — с наклоном около  $75^\circ$  ( $d = (1/10) h$ );

Б — без наклона ( $d = (1/10) h$ ).

Написание шрифтов типа Б с наклоном и без наклона аналогично написанию шрифтов типа А, которые уже их по ширине. Параметры шрифтов даны в табл. 4, 5.

**Изображения — виды, разрезы, сечения.** Представление об изделии связано с изучением его формы. Форма определяется поверхностями, ограничивающими изделие. Задать на чертеже форму изделия — это значит построить проекционные изображения совокупности точек и линий, определяющих форму изделия и проекции ее контурных линий.

Отображение изделия осуществляется по методу параллельного прямоугольного проецирования. Для аксонометрических проекций кроме прямоугольного применяют и косоугольное проецирование.

**Вид** — изображение видимой, обращенной к наблюдателю поверхности предмета (ГОСТ 2.305—68). Если необходимо пояснить чертеж, то на виде штриховыми линиями допускается указывать невидимый контур предмета, что позволяет уменьшить число видов.

Виды подразделяются на основные, дополнительные и местные.

А Б В Г Д Е Ж З И Й К Л

М Н О П Р С Т У Ф Х Ц

Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я

а)

а б в г д е ж з и й к л

м н о п р с т у ф х ц

ч ш щ ъ ы ь э ю я

б)

Рис. 2. Чертежный шрифт типа А с наклоном букв около  $75^\circ$ :

а — прописные буквы русского алфавита; б — строчные буквы русского алфавита

A B C D E F G H I J K L M N

O P Q R S T U V W X Y Z

а)

a b c d e f g h i j k l m n

o p q r s t u v w x y z

б)

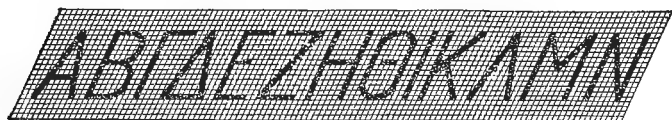
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

в)

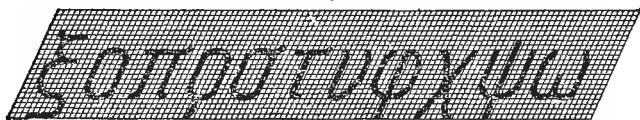
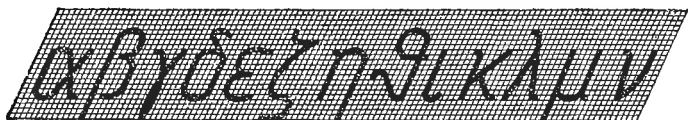
I II III IV V VI VII VIII IX X

г)

Рис. 3. Чертежный шрифт типа А с наклоном букв около  $75^\circ$ :  
а, б — соответственно прописные и строчные буквы латинского алфавита;  
в — арабские цифры; г — римские цифры



а)



б)

Рис. 4. Чертежный шрифт типа А с наклоном букв около  $75^\circ$ :  
а, б — соответственно прописные и строчные буквы греческого алфавита

*Основной вид* — это вид, полученный проецированием предмета на шесть основных плоскостей проекций. В качестве основных плоскостей проекций принимаются шесть граней пустотелого куба, внутри которого размещается предмет, и его проецируют на внутренние поверхности куба (рис. 6, 7).

Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается на чертеже в качестве главного. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы изображение на ней давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета.





## 4. Параметры шрифтов

| Параметры шрифта                                                 | Обозначение | Шрифт типа А ( $d = h/14$ ) |     |                                       |  |
|------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------|-----|---------------------------------------|--|
|                                                                  |             | Относительный размер        |     | Размеры, мм                           |  |
| Размеры шрифта:<br>высота прописных букв<br>высота строчных букв | $h$         | $(14/14) h$                 | 14  | 2,5 3,5 5,0 7,0<br>10,0 14,0 20       |  |
|                                                                  | $c$         | $(10/14) h$                 | 10d | 1,8 2,5 3,5 5,0<br>7,0 10,0 14        |  |
| Расстояние между буквами                                         | $a$         | $(2/14) h$                  | 2d  | 0,95 0,5 0,7 1,0<br>1,4 2,0 2,8       |  |
| Максимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)            | $b$         | $(22/14) h$                 | 22d | 4,0 5,5 8,0 11,0<br>16,0 22,0 31      |  |
| Минимальное расстояние между словами                             | $e$         | $(6/14) h$                  | 6d  | 1,1 1,5 2,1 3,0<br>4,2 6,0 8,4        |  |
| Толщина линий шрифта                                             | $d$         | $(1/14) h$                  | $d$ | 0,18 0,25 0,85 0,5<br>0,7 1,0 1,4     |  |
| Параметры шрифта                                                 | Обозначение | Шрифт типа Б ( $d = h/10$ ) |     |                                       |  |
|                                                                  |             | Относительный размер        |     | Размеры, мм                           |  |
| Размеры шрифта:<br>высота прописных букв<br>высота строчных букв | $h$         | $(10/10) h$                 | 10d | 1,8 2,5 3,5 5,0<br>7,0 10,0 14,0 20   |  |
|                                                                  | $c$         | $(7/10) h$                  | 7d  | 1,3 1,8 2,5 3,5<br>5,0 7,0 10,0 14    |  |
| Расстояние между буквами                                         | $a$         | $(2/10) h$                  | 2d  | 0,95 0,5 0,7 1,0<br>1,4 2,0 2,8 4     |  |
| Максимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)            | $b$         | $(17/10) h$                 | 17d | 3,8 4,3 6,0 8,5<br>12,0 17,0 24,0 34  |  |
| Минимальное расстояние между словами                             | $e$         | $(6/10) h$                  | 6d  | 1,1 1,5 2,1 3,0<br>4,2 6,0 8,4 12,0   |  |
| Толщина линий шрифта                                             | $d$         | $(1/10) h$                  | $d$ | 0,18 0,25 0,35 0,5<br>0,7 1,0 1,4 2,0 |  |

**5. Числовые значения ширины букв и некоторых цифр  
для наиболее употребительных размеров шрифтов  
(от 2,5 до 14 мм)**

| Рассматриваемые буквы                                                        | Соотношение размеров | Шрифт типа А |     |     |     |     |      |                                 |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|-----|-----|-----|-----|------|---------------------------------|
| Высота прописных букв (цифр)                                                 | (14/14) <i>h</i>     | 2,5          | 3,5 | 5   | 7   | 10  | 14   |                                 |
| Ширина букв и цифр, кроме А, Г, Д, Е, Ж, М, С, Ф, Х, Ц, Ш, Щ, Ы, Ю и цифры 1 | (14/14) <i>h</i>     | 1,3          | 1,7 | 2,3 | 3,5 | 5   | 7    |                                 |
| Ширина букв А, М, Х, Ы, Ю                                                    | (8/14) <i>h</i>      | 1,4          | 2   | 2,8 | 4   | 5,7 | 8    |                                 |
| Ширина букв Г, Д, Е, С                                                       | (6/14) <i>h</i>      | 1            | 1,5 | 2,1 | 3   | 4,2 | 6    |                                 |
| Ширина букв Ж, Ш, Щ                                                          | (9/14) <i>h</i>      | 1,7          | 2,2 | 3,2 | 4,4 | 7,1 | 9    |                                 |
| Ширина буквы Ф                                                               | (4/14) <i>h</i>      | 1,9          | 2,7 | 3,9 | 5,5 | 7,9 | 11   |                                 |
| Ширина цифры 1                                                               | (4/14) <i>h</i>      | 0,7          | 1   | 1,4 | 2   | 2,9 | 4    |                                 |
| Рассматриваемые буквы                                                        | Соотношение размеров | Шрифт типа Б |     |     |     |     |      | Примечание                      |
| Высота прописных букв (цифр)                                                 | (10/10) <i>h</i>     | 2,5          | 3,5 | 5   | 7   |     | 14   | —                               |
| Ширина букв и цифр, кроме А, Г, Д, Е, Ж, М, С, Ф, Х, Ц, Ш, Щ, Ы, Ю и цифры 1 | (6/10) <i>h</i>      | 1,5          | 2,1 | 3   | 4,2 | 6   | 8,4  | К этой группе отнесена буква З  |
| Ширина букв А, М, Х, Ы, Ю                                                    | (7/10) <i>h</i>      | 1,75         | 2,4 | 3,5 | 4,9 | 7   | 9,8  | —                               |
| Ширина букв Г, Д, Е, С                                                       | (5/10) <i>h</i>      | 1,25         | 1,7 | 2,3 | 3,5 | 5   | 7    | —                               |
| Ширина букв Ж, Ш, Щ                                                          | (8/10) <i>h</i>      | 2,0          | 2,8 | 4   | 5,6 | 8   | 11,2 | К этой группе относятся буквы Ф |
| Ширина цифры 1                                                               | (3/10) <i>h</i>      | 0,75         | 1   | 1,5 | 2,1 | 3   | 4,2  | —                               |

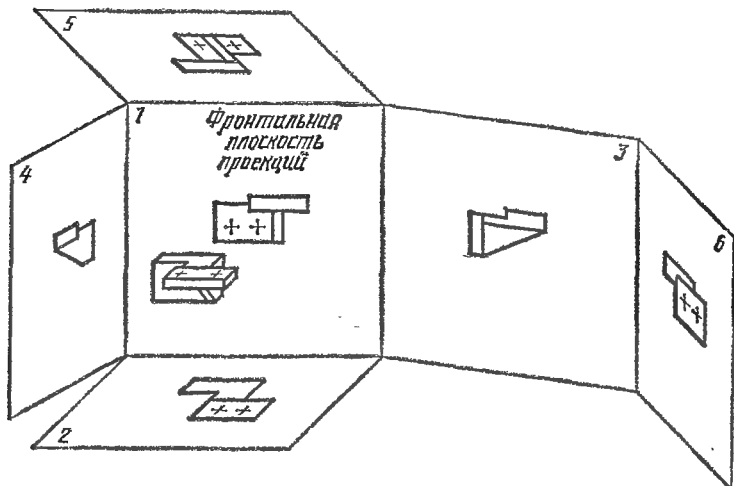


Рис. 6. Шесть граней развертки пустотелого куба основных плоскостей проекций

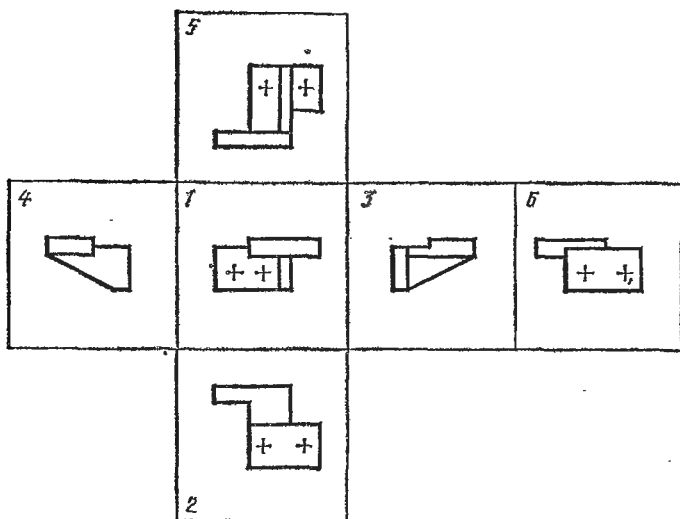


Рис. 7. Основные плоскости проекций

Число видов должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное представление о предмете.

Устанавливаются следующие названия видов, получаемых на основных плоскостях проекций (основные виды см. рис. 11):

1 — вид спереди (главный вид); 2 — вид сверху; 3 — вид слева; 4 — вид справа; 5 — вид снизу; 6 — вид сзади.

*Дополнительный вид* — это вид, получаемый проецированием предмета на дополнительную плоскость проекций, не параллельную ни одной из основных плоскостей проекций.

Если виды сверху, слева, справа, снизу, сзади не находятся в непосредственной (прямой) проекционной связи с главным видом, то направление взгляда указывается стрелкой, обозначаемой прописной буквой, а над видом делается надпись по типу «Вид А» (рис. 8), которую подчеркивают сплошной тонкой линией.

В отличие от дополнительного вида для изображения на чертеже отдельного, ограниченного места поверхности предмета применяется *местный вид*, позволяющий выявить форму и размеры определенного элемента предмета, например, форму ребра, отверстия, паза и т. п. Располагают местные виды без сохранения проекционной связи с основным изображением на свободном поле чертежа с надписью типа «Вид Д» (рис. 9).

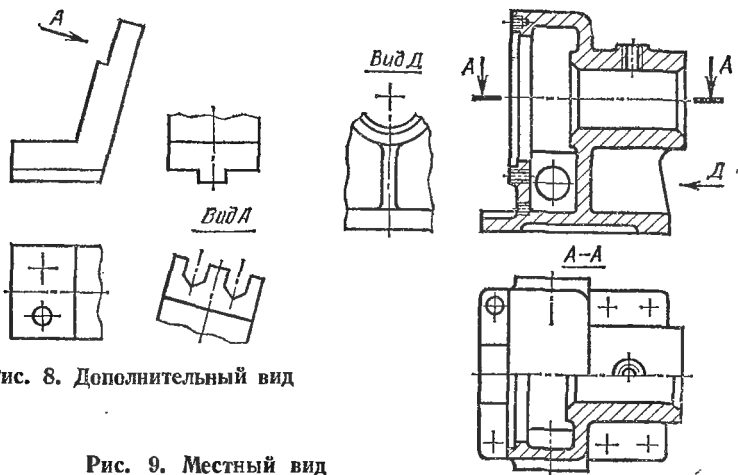


Рис. 8. Дополнительный вид

Рис. 9. Местный вид

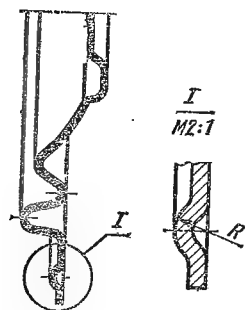


Рис. 10. Выносной элемент

*Выносной элемент* — дополнительное изображение части предмета, выполненное в большем по сравнению с основным изображением масштабе.

Часть изделия, изображаемую в виде выносного элемента, обводят замкнутой сплошной тонкой линией в виде окружности, овала и т. п. и обозначают римской цифрой на полке линии выноски (рис. 10), а у выносного элемента указывают эту цифру и соответствующий масштаб  $\frac{1}{M2:1}$ .

*Линия обрыва и разрыва* — тонкая сплошная волнистая линия (см. рис. 9, 11).

*Сечение* — изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении одной или несколькими плоскостями. В сечении показывают только то, что расположено в секущей плоскости.

Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на *вынесенные* (рис. 11, а) и *наложенные* (рис. 11, б).

*Разрез* — изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями; при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе в отличие от сечения

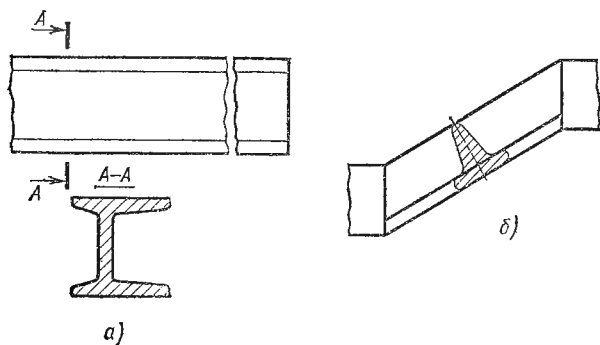


Рис. 11. Сечения:

а — вынесенное; б — наложенное

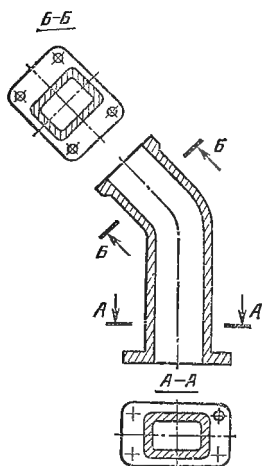


Рис. 12. Продольный разрез

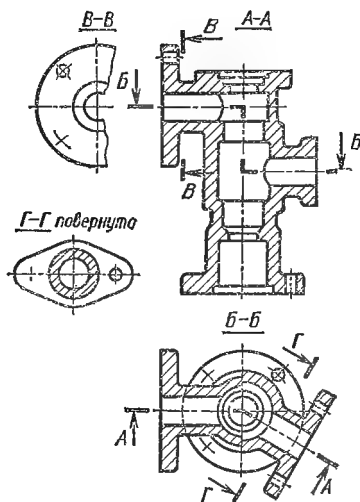


Рис. 13. Вертикальный (сложный) разрез

показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней.

Разрезы разделяют:

1) в зависимости от положения секущей плоскости относительно изделий:

*продольные* — секущие плоскости расположены вдоль длины или высоты изделия (рис. 12);

*поперечные* — секущие плоскости расположены перпендикулярно длине или высоте изделия (рис. 12);

2) в зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций:

*горизонтальные* — секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций (например, разрезы А—А на рис. 12);

*вертикальные* — секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (например, разрез на месте главного вида на рис. 12 и 13);

*наклонные* — секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого (например, разрез В—В на рис. 12).

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы называют *простыми* — при одной секущей плоскости

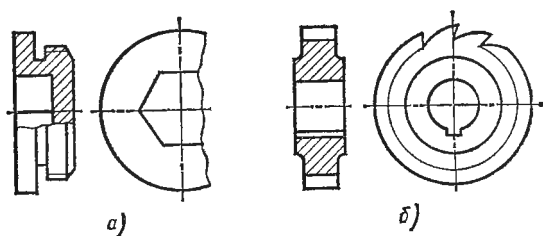


Рис. 14. Упрощенные изображения (а и б)

(см. рис. 9, 12); *сложными* — при нескольких секущих плоскостях (разрез Б—Б на рис. 13).

**Условности и упрощения.** Если вид, разрез или сечение представляют собой симметричную фигуру, допускается вычерчивать половину изображения или немного более половины изображения с проведением в последнем случае линии обрыва (рис. 14).

Если предмет имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов, то на изображении этого предмета полностью показывают один-два таких элемента (например, одно-два отверстия), а остальные элементы показывают упрощенно или условно. Допускается изображать часть предмета с надлежащими указаниями о числе элементов, их расположении и т. п.

На видах и разрезах допускается упрощенно изображать проекции линий пересечения поверхностей, если не требуется точного их построения. Например, вместо лекальных кривых проводят дуги окружности и прямые линии.

Плавный переход от одной поверхности к другой показывают условно или совсем не показывают.

Такие детали, как винты, заклепки, шпонки, непустотелые валы и шпиндели, шатуны, рукоятки и т. п., при продольном разрезе показывают нерассеченными (шарики всегда показывают нерассеченными). Как правило, показывают нерассеченными на сборочных чертежах гайки и шайбы. Такие элементы, как спицы маховиков, шкивов, зубчатых колес, тонкие стенки типа ребер жесткости и т. п., показывают разрезанными, но незаштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль оси или вдоль длинной стороны такого элемента. Если в подобных элементах детали имеется местное сверление, уг-

лубление и т. п., то делают местный разрез, или эти места оформляются в виде выносных элементов.

Пластины, а также элементы деталей (отверстия, фаски, пазы, углубления и т. п.) размером (или с разницей в размерах) на чертеже 2 мм и менее изображают с отступлением от масштаба, принятого для всего изображения, в сторону увеличения.

Незначительную конусность или уклон допускается изображать с увеличением, чтобы они были явно выражены.

Длинные предметы (или элементы), имеющие постоянное или закономерно изменяющееся поперечное сечение (валы, цепи, прутки, фасонный прокат, шатуны и т. п.), допускается изображать с разрывами.

На чертежах предметов с рифлениями допускается изображать эти элементы частично, с возможным упрощением.

**Графическое изображение материалов.** ГОСТ 2.306—68 устанавливает графическое изображение материалов (табл. 6).

**АксонOMETрические проекции.** ГОСТ 2.317—69 устанавливает аксонометрические проекции, применяемые в чертежах.

Сущность аксонометрического проецирования состоит в том, что предмет относят к системе координатных осей и проецируют его вместе с координатными осями на произвольно выбранную плоскость аксонометрических проекций. Направление аксонометрического проецирования относительно плоскости проекций, которую иногда называют картинной плоскостью, может быть перпендикулярным или составлять с ней какой-то угол. В зависимости от направления проецирования аксонометрические проекции подразделяются на два вида:

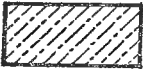
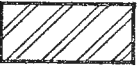
*прямоугольные* — проецирующие лучи перпендикулярны картинной плоскости;

*косугольные* — проецирующие лучи наклонены к картинной плоскости.

Отношение длины аксонометрической проекции отрезка прямой, параллельной координатной оси длины этого отрезка в натуре, называется *коэффициентом искажения* или *показателем искажения по соответствующей координатной аксонометрической оси*.



## 6. Графическое изображение материалов

| Обозначение                                                                        | Материал                                                                                                     | Обозначение                                                                         | Материал                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|    | Общее обозначение независимо от материала                                                                    |    | Бетон                                      |
|                                                                                    | Металлы и твердые сплавы                                                                                     |    | Стекло и другие стеклопрозрачные материалы |
|    | Неметаллические материалы, в том числе волокнистые, монолитные и прессованные, за исключением указанных ниже |    | Жидкости                                   |
|  | Дерево                                                                                                       |  | Грунт естественный                         |
|  | Камень естественный                                                                                          |  | Засыпка из любого материала                |
|  | Керамика и силикатные материалы для кладки                                                                   |  | Сетка                                      |

ГОСТ 2.317—69 устанавливает виды аксонометрических проекций (табл. 7, 8): прямоугольные (изометрические и диметрические); косоугольные (фронтальная изометрическая проекция, горизонтальная изометрическая проекция и фронтальная диметрическая проекция).

**В и д ы и т и п ы с х е м.** ГОСТ 2.701—84 устанавливает виды и типы схем, а также общие требования к выполнению схем.

Схемы в зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия (установки), подразделяют на следующие виды: электрические, гидравлические, пневматические, газовые (кроме пневматических); кинематические, вакуумные, оптические, энергетические, деления, комбинированные.

Схемы в зависимости от основного назначения подразделяют на следующие типы: структурные, функциональные, принципиальные (полные), соединений (монтажные), подключения, общие, расположения, объединенные.

**Элемент схемы** — составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное назначение (резистор, трансформатор, насос, распределитель, муфта и т. п.).

**Устройство** — совокупность элементов, представляющая единую конструкцию (блок, плата, шкаф, механизм, разделительная панель и т. п.). Устройство может не иметь в изделии определенного функционального назначения.

**Функциональная группа** — совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию.

**Функциональная часть** — элемент, устройство, функциональная группа.

**Функциональная цепь** — линия, канал, тракт определенного назначения (канал звука, видеоканал, тракт СВЧ и т. п.).

**Линия взаимосвязи** — отрезок линии, указывающей на наличие связи между функциональными частями изделия.

**Установка** — условное наименование объекта в энергетических сооружениях, на который выпускается схема, например, главные цепи.

# 7. Виды аксонометрических проекций

102

Сечения из ЕСКД

Прямоугольные проекции

Косоугольные проекции

Изометрическая

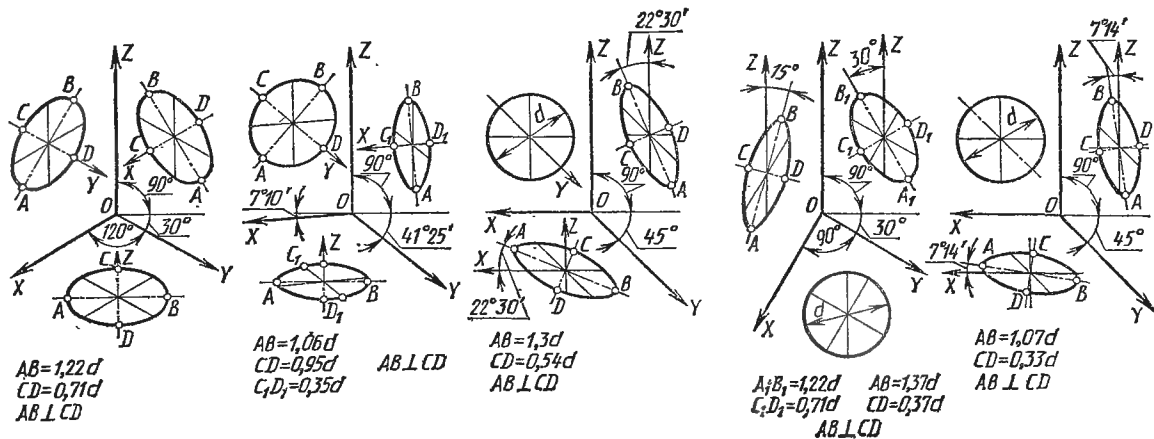
Диметрическая

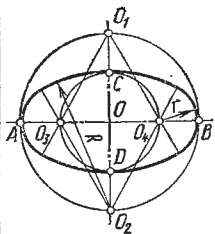
Фронтальная

Горизонтальная  
изометрическая

Фронтальная  
диметрическая

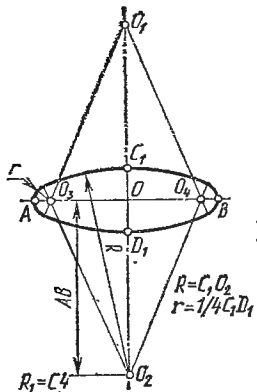
## Расположение и направление осей эллипса





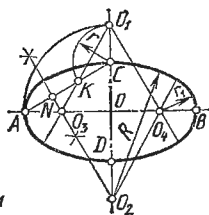
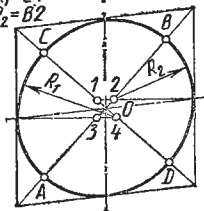
$$R = CO_2$$

$$r = BC_4$$



$$R_1 = C_1O_2$$

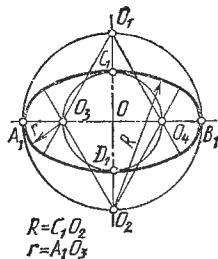
$$R_2 = B_2O_2$$



$$AN = NK$$

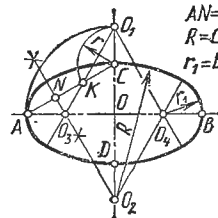
$$R = CO_2$$

$$r_1 = BO_4$$



$$R = C_1O_2$$

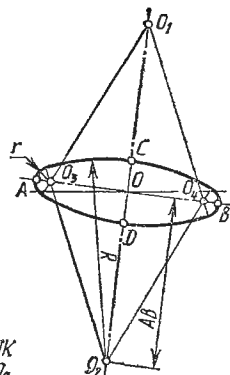
$$r = A_1O_3$$



$$AN = NK$$

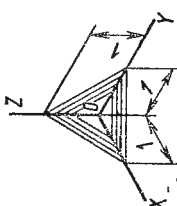
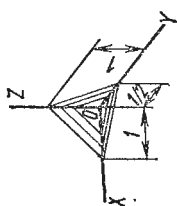
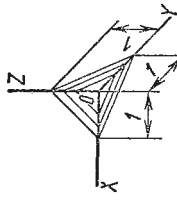
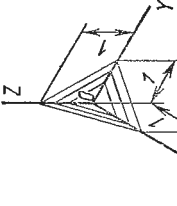
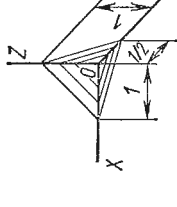
$$R = CO_2$$

$$r_1 = BO_4$$



$$R = CO_2$$

$$r = 1/4 CD$$

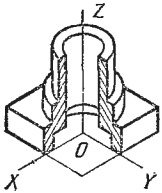
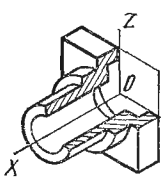
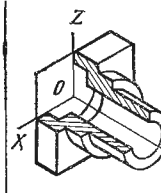
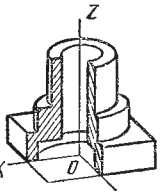
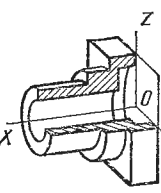
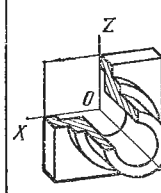
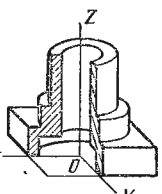
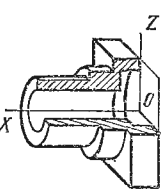
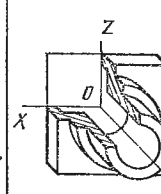
| Косоугольные проекции                                                               |                                                                                     |                                                                                    |                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Прямоугольные проекции                                                              |                                                                                     | Косоугольные проекции                                                              |                                                                                   |
| Изометрическая                                                                      | Диметрическая                                                                       | Фронтальная                                                                        | Горизонтальная<br>изометрическая                                                  |
| Штриховка сечений в аксонометрических проекциях                                     |                                                                                     |                                                                                    |                                                                                   |
|  |  |  |  |
|    |                                                                                     |                                                                                    |                                                                                   |

Структурная схема определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи. Структурные схемы разрабатывают при проектировании изделий (установок) на стадиях, предшествующих разработке схем других типов, и пользуются ими для общего ознакомления с изделием (установкой).

Функциональная схема разъясняет определенные процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия (установки) или в изделии (установке) в целом. Функциональными схемами пользуются для изучения принципов работы изделий (установок), а также при их наладке, контроле и ремонте.

Принципиальная (полная) схема определяет полный состав элементов и связей между ними и, как правило, дает детальное представление о принципах работы изделия (установки). Принципиальными схемами пользуются для изучения принципов работы изделий (установок), а также при их наладке, конт-

## 8. Примеры аксонометрических проекций

| Проек-<br>ция                             | При положении оси детали параллельно осям проекций                                 |                                                                                    |                                                                                    |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|                                           | Z                                                                                  | X                                                                                  | Y                                                                                  |
| Изоме-<br>трия                            |   |   |   |
| Диме-<br>трия:<br>прямо-<br>уголь-<br>ная |   |   |   |
| косо-<br>уголь-<br>ная                    |  |  |  |

роле и ремонте. Они служат основанием для разработки других конструкторских документов, например, схем соединений (монтажных) и чертежей.

*Схема соединений (монтажная)* показывает соединение составных частей изделия (установки) и определяет провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода (разъемы, платы, зажимы и т. п.). Схемами соединений пользуются при разработке других конструкторских документов, в первую очередь чертежей, определяющих прокладку и способы крепления проводов, жгутов, кабелей или трубопроводов в изделии (установке),

а также для осуществления присоединений и при контроле эксплуатации и ремонте изделий (установок).

*Схема подключения* показывает внешние подключения изделия. Схематическими подключениями пользуются при разработке других конструкторских документов, а также для осуществления подключений изделий и при их эксплуатации.

*Общая схема* определяет составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации. Общими схемами пользуются при ознакомлении с комплексами, а также при их контроле и эксплуатации. Общую схему на сборочную единицу допускается разрабатывать при необходимости.

*Схема расположения* определяет относительное расположение составных частей изделия (установки), а при необходимости также жгутов, проводов, кабелей, трубопроводов и т. п. Схематическими расположениями пользуются при разработке других конструкторских документов, а также при эксплуатации и ремонте изделий (установок).

*Объединенная схема* на одно изделие (установку) выполняется на одном конструкторском документе.

Количество типов схем на изделие (установку) должно быть минимальным, но в совокупности они должны содержать сведения в объеме, достаточном для проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта изделия (установки).

Форматы листов схем выбирают в соответствии с требованиями, установленными ГОСТ 2.301—68 и ГОСТ 2.004—79; при этом основные форматы являются предпочтительными. При выборе форматов следует учитывать: объем и сложность проектируемого изделия (установки); необходимую степень детализации данных, обусловленную назначением схемы; условия хранения и обращения схем; особенности и возможности техники выполнения, репродуцирования и (или) микрофильмирования схем; возможность обработки схем средствами вычислительной техники.

Выбранный формат должен обеспечивать компактное выполнение схемы, не нарушая ее наглядности и удобства пользования ею.

Схемы выполняют без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных ча-

стей изделия (установки) не учитывают или учитывают приближенно.

Графические обозначения элементов (устройств, функциональных групп) и соединяющие их линии связи следует располагать на схеме таким образом, чтобы обеспечить наилучшее представление о структуре изделия и взаимодействии его составных частей.

При выполнении схем применяют следующие графические обозначения: условные графические обозначения, установленные в стандартах Единой системы конструкторской документации, а также построенные на их основе; прямоугольники; упрощенные внешние очертания (в том числе аксонометрические).

При необходимости применяют нестандартизованные условные графические обозначения. При применении нестандартизованных условных графических обозначений и упрощенных внешних очертаний на схеме приводят соответствующие пояснения.

Условные графические обозначения элементов выполняют с размерами, установленными в стандартах на условные графические обозначения. Линии графических обозначений на схемах той же толщины, что и линии связи.

Условные графические обозначения элементов изображают на схеме в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах, или повернутыми на угол, кратный  $90^\circ$ , если в соответствующих стандартах отсутствуют специальные указания. Допускается условные графические обозначения поворачивать на угол, кратный  $45^\circ$ , или изображать зеркально повернутыми.

Линии связи выполняют толщиной 0,2—1,0 мм в зависимости от форматов схемы и размеров графических обозначений. Рекомендуемая толщина линий 0,3—0,4 мм.

Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наименьшее число изломов и взаимных пересечений.

**Кинематические схемы.** ГОСТ 2.703—68 устанавливает правила выполнения кинематических схем.

В зависимости от основного назначения различают следующие кинематические схемы: принципиальные, структурные, функциональные.

На принципиальной схеме изделия должна быть представлена вся совокупность кинематических элементов и



их соединений, предназначенных для осуществления, регулирования, управления и контроля заданных движений исполнительных органов; должны быть отражены кинематические связи (механические и немеханические), предусмотренные внутри исполнительных органов, между отдельными парами, цепями и группами, а также связи с источником движения.

Принципиальную схему изделия вычерчивают, как правило, в виде развертки. Допускается принципиальные схемы вписывать в контур изображения изделия, а также вычерчивать в аксонометрических проекциях.

Все элементы на схеме изображают условными графическими обозначениями или упрощенно в виде контурных очертаний.

Механизмы, отдельно собираемые и самостоятельно регулируемые, допускается изображать на принципиальной схеме изделия без внутренних связей.

Условные графические обозначения элементов кинематических схем и обозначения движений регламентированы ГОСТ 2.770—68 (табл. 9).

**Гидравлические и пневматические схемы.** ГОСТ 2.704—76 устанавливает правила выполнения гидравлических и пневматических схем.

Гидравлические и пневматические схемы в зависимости от их основного назначения разделяются на следующие типы: *структурные, принципиальные, соединения.*

На структурной схеме изображают все основные функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы) и основные взаимосвязи между ними.

Функциональные части на схеме изображают сплошными основными линиями в виде прямоугольников или условных графических обозначений.

Графическое построение схемы должно давать наиболее наглядное представление о последовательности взаимодействия функциональных частей в изделии. На линиях взаимосвязей рекомендуется указывать направление потоков рабочей среды.

На принципиальной схеме изображают все гидравлические и пневматические элементы или устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных гидравлических (пневматических) процессов, и все гидравлические (пневматические) связи между ними.

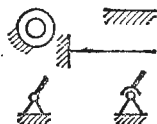
# 9. Условные графические обозначения элементов кинематических схем и обозначения движений

Наименование  
и обозначение

Вал, валик, ось, стержень, шатун и т. п.



Неподвижное звено (стойка).  
Для указания неподвижности  
любого звена часть его контура  
покрывает штриховкой



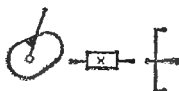
Соединение частей звена:  
неподвижное



неподвижное, допускающее  
регулировку

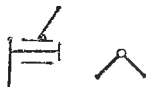


неподвижное соединение де-  
тали с валом, стержнем

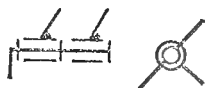


Наименование  
и обозначение

Кинематическая пара:  
вращательная



вращательная многократная,  
например, двукратная



поступательная



винтовая



цилиндрическая



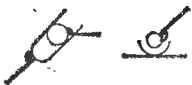
сферическая с пальцем



карданный шарнир



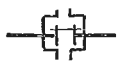
Продолжение табл. 9

| Наименование<br>и обозначение                                                                                                                                      | Наименование<br>и обозначение                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Кинематическая пара:<br>сферическая (шаровая)<br>                                 | Подшипники скольжения:<br>радиальные<br> |
| плоскостная<br>                                                                   | радиально-упорные<br>односторонние<br>   |
| трубчатая (шар—цилиндр)<br>                                                       | двусторонние<br>                         |
| точечная (шар—плоскость)<br>                                                    | упорные:<br>односторонние<br>          |
| Подшипники скольжения и качения на валу (без уточнения типа):<br>радиальные<br> | двусторонние<br>                       |
| упорные<br>                                                                     | Подшипники качения:<br>радиальные<br>  |

Продолжение табл. 9

| Наименование<br>и обозначение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Наименование<br>и обозначение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Подшипники качения:<br/>радиально-упорные:<br/>односторонние</p>  <p>двусторонние</p>  <p>упорные:<br/>односторонние</p>  <p>двусторонние</p>  | <p>Муфта нерасцепляемая<br/>(неуправляемая)<br/>упругая</p>  <p>компенсирующая</p>  <p>Муфта сцепления (управляемая)<br/>общее обозначение</p>  <p>односторонняя</p>  <p>двусторонняя</p>  |
| <p>Муфта. Общее обозначение без<br/>уточнения типа</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <p>Муфта сцепления механическая:<br/>синхронная, например, зуб-<br/>чатая</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

Продолжение табл. 9

| Наименование<br>и обозначение                                                       | Наименование<br>и обозначение                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Муфта сцепления механическая:<br>асинхронная, напримср, фрик-<br>ционная            | Муфта автоматическая (самодей-<br>ствующая)<br>предохранительная<br>с разрушающим элементом |
|    |            |
| Муфта сцепляемая электриче-<br>ская                                                 | с неразрушающим элемен-<br>том                                                              |
|    |            |
| Муфта сцепляемая гидравличе-<br>ская или пневматическая                             | Тормоз. Общее обозначение без<br>уточнения типа                                             |
|    |            |
| Муфта автоматическая (самодей-<br>ствующая):<br>общее обозначение                   | Кулачки плоские:<br>продольного перемещения                                                 |
|  |          |
| обгонная (свободного хода)                                                          | вращающиеся                                                                                 |
|  |          |
| центробежная фрикционная                                                            | вращающиеся пазовые                                                                         |
|  |          |

Продолжение табл. 9

Наименование  
и обозначениеНаименование  
и обозначениеКулачки барабанные:  
цилиндрические

конические



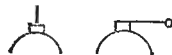
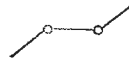
криволинейные

Толкатель (ведомое звено):  
заостренный

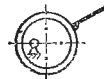
дуговой



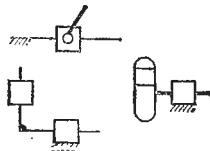
роликовый

Толкатель (ведомое звено):  
плоскийЗвено рычажных механизмов  
двухэлементное:  
кривошип, коромысло, шатун

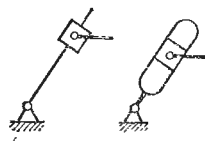
эксцентрик



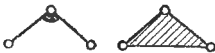
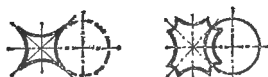
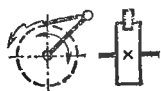
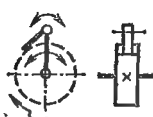
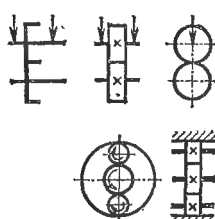
ползун



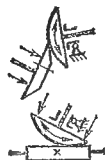
кулиса



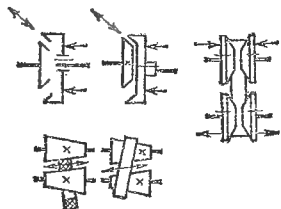
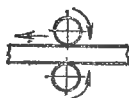
Продолжение табл. 9

| Наименование<br>и обозначение                                                                                                                                                                                                                                                                              | Наименование<br>и обозначение                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Звено рычажных механизмов<br/>трехэлементное</p>                                                                                                                                                                       | <p>Храповые зубчатые механизмы:<br/>с реечным зацеплением</p>                                                                                 |
| <p>Примечания:<br/>1. Штриховку допускается<br/>не наносить.<br/>2. Обозначение многоэле-<br/>ментного звена аналогично<br/>двух- и трехэлементному</p>                                                                                                                                                    | <p>Мальтийские механизмы с ра-<br/>диальным расположением пазов<br/>у мальтийского креста:<br/>с наружным зацеплением</p>                     |
| <p>Храповые зубчатые механизмы:<br/>с наружным зацеплением од-<br/>носторонние</p>  <p>с наружным зацеплением дву-<br/>сторонние</p>  | <p>с внутренним зацеплением</p>  <p>общее обозначение</p>  |
| <p>с внутренним зацеплением<br/>односторонние</p>                                                                                                                                                                       | <p>Передачи фрикционные:<br/>с цилиндрическими роликами</p>                                                                                 |

Продолжение табл. 9

Наименование  
и обозначениеНаименование  
и обозначениеПередачи фрикционные:  
с коническими роликамиПередачи фрикционные:  
со сферическими и коническими (цилиндрическими) роликами регулируемые

с коническими роликами регулируемые

с цилиндрическими роликами,  
преобразующие вращательное  
движение в поступательноес криволинейными образующими  
рабочих тел и наклоняющимися  
роликми регулируемыес гиперboloидными роликами,  
преобразующие вращательное  
движение в винтовое

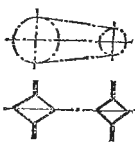
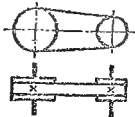
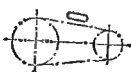
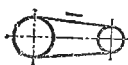
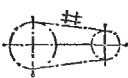
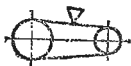
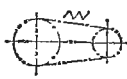
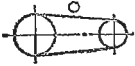
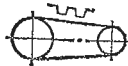
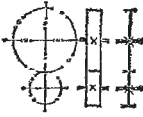
горловые (лобовые) регулируемые



Маховик на валу





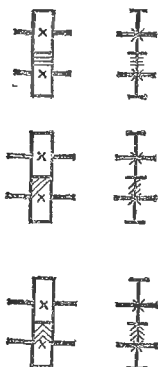
| Наименование<br>и обозначение                                                                                                     | Наименование<br>и обозначение                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Шкив ступенчатый, закрепленный на валу</p>    | <p>Передача цепью:<br/>общее обозначение без уточнения типа цепи</p>  |
| <p>Передача ремнем без уточнения типа ремня</p>  | <p>круглозвенной</p>                                                  |
| <p>Передача плоским ремнем</p>                   | <p>пластинчатой</p>                                                   |
| <p>Передача клиновидным ремнем</p>             | <p>зубчатой</p>                                                     |
| <p>Передача круглым ремнем</p>                 | <p>Передачи зубчатые (цилиндрические):<br/>внешнее зацепление (общее обозначение без уточнения типа зубьев)</p>                                        |
| <p>Передача зубчатым ремнем</p>                |                                                                     |

Продолжение табл. 9

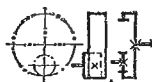
Наименование  
и обозначениеНаименование  
и обозначение

Передачи зубчатые (цилиндрические):

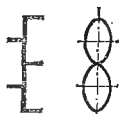
внешнее зацепление с прямыми, косыми и шевронными зубьями



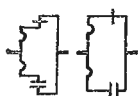
внутреннее зацепление



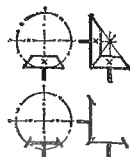
с некруглыми колесами



Передачи зубчатые с гибкими колесами (волновые)



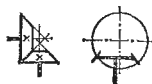
Передачи зубчатые с пересекающимися валами и конические: общее обозначение без уточнения типа зубьев



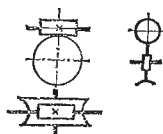
с прямыми, спиральными и круговыми зубьями

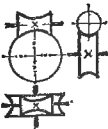
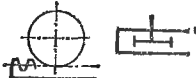
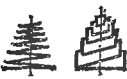


Передачи зубчатые со скрещивающимися валами: гипонидные

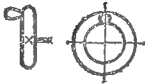
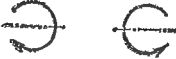


червячные с цилиндрическим червяком



| Наименование<br>и обозначение                                                                                                                                             | Наименование<br>и обозначение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Передачи зубчатые со скре-<br/>щающимися валами:<br/>червячные глобоидные</p>         | <p>Гайка на винте, передающем<br/>движение:<br/>неразъемная с шариками</p>  <p>разъемная</p>                                                                                                                                                                                                                                      |
| <p>Передачи зубчатые реечные:<br/>общее обозначение без уточ-<br/>нения типа зубьев</p>  | <p>Пружины:<br/>цилиндрические сжатия</p>  <p>цилиндрические растяжения</p>  <p>конические сжатия</p>  <p>цилиндрические, работающие<br/>на кручение</p>  |
| <p>Передача зубчатым сектором без<br/>уточнения типа зубьев</p>                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Винт, передающий движение</p>                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Гайка на винте, передающем<br/>движение:<br/>неразъемная</p>                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Продолжение табл. 9

| Наименование<br>и обозначение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Наименование<br>и обозначение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Пружины:<br/>спиральные</p>  <p>листовые:<br/>одинарная</p>  <p>рессора</p>  <p>тарельчатые</p>  | <p>Рукоятка</p>  <p>Маховичок</p>  <p>Передвижные упоры</p>  <p>Гибкий вал для передачи вращающего момента</p>  |
| <p>Рычаг переключения</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <p>Одностороннее движение:<br/>прямолинейное</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p>Конец вала под съемную рукоятку</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <p>вращательное:<br/>с осью вращения в плоскости чертежа</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

Продолжение табл. 9

| Наименование<br>и обозначение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Наименование<br>и обозначение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Одностороннее движение:<br/>вращательное:<br/>с осью вращения перпендикулярно плоскости чертежа</p>  <p>винтовое:<br/>с осью вращения в плоскости чертежа</p>  <p>с осью вращения перпендикулярно плоскости чертежа</p>  | <p>Возвратное движение:<br/>вращательное:<br/>с осью вращения перпендикулярно плоскости чертежа</p>  <p>винтовое:<br/>с осью вращения в плоскости чертежа</p>  <p>с осью вращения перпендикулярно плоскости чертежа</p>  |
| <p>Возвратное движение:<br/>прямолинейное</p>  <p>вращательное:<br/>с осью вращения в плоскости чертежа</p>                                                                                                                                                                                                | <p>Одностороннее движение с мгновенной остановкой в промежуточном положении:<br/>прямолинейное</p>  <p>вращательное</p>                                                                                                                                                                                 |

Продолжение табл. 9

| Наименование<br>и обозначение                                                                                                                                                                                                                                                            | Наименование<br>и обозначение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Одностороннее движение с вы-<br/>стоем в промежуточном поло-<br/>жении:<br/>прямолинейное</p>  <p>вращательное</p>  | <p>Одностороннее движение с ча-<br/>стичным обратным движением:<br/>вращательное</p>  <p>Возвратное движение с выстоем<br/>в одном крайнем положении:<br/>прямолинейное</p>  <p>вращательное</p>  |
| <p>Одностороннее движение с ча-<br/>стичным обратным движением:<br/>прямолинейное</p>                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <p><b>Примечание.</b> Для указания правого или левого<br/>винта на поле схемы приводят необходимое пояснение. Обозна-<br/>чение других видов движения следует строить по аналогии<br/>с приведенными в таблице.</p>                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

Элементы и устройства на схеме изображают в виде условных графических обозначений. Все элементы и устройства изображают на схемах, как правило, в исходном положении: пружины — в состоянии предварительного сжатия, электромагниты — обесточенными и т. п.

В технически обоснованных случаях допускается отдельные элементы схемы или всю схему вычерчивать в выбранном рабочем положении с указанием на поле схемы положения, для которого изображены эти элементы или вся схема.

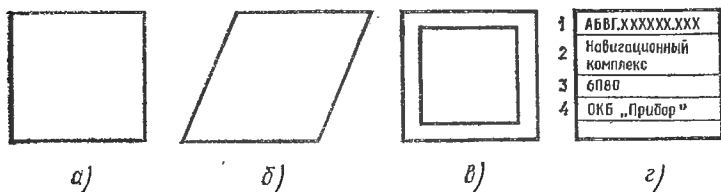


Рис. 15. Условное графическое обозначение изделия и его составных частей

Условные графические обозначения баков под атмосферным давлением и места удаления воздуха из гидросети изображают на схеме только в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах.

Каждый элемент или устройство, входящие в изделие и изображенные на схеме, должны иметь буквенно-цифровое позиционное обозначение, состоящее из буквенного обозначения и порядкового номера, проставленного после буквенного обозначения.

ГОСТ 2.780—68 устанавливает условные графические обозначения элементов гидравлических и пневматических сетей, ГОСТ 2.781—68 — графическое обозначение распределительной и регулирующей аппаратуры, а ГОСТ 2.782—68 — условные графические обозначения гидравлических и пневматических насосов и двигателей.

**Схема деления изделия на составные части.** Схема деления изделия на составные части — конструкторский

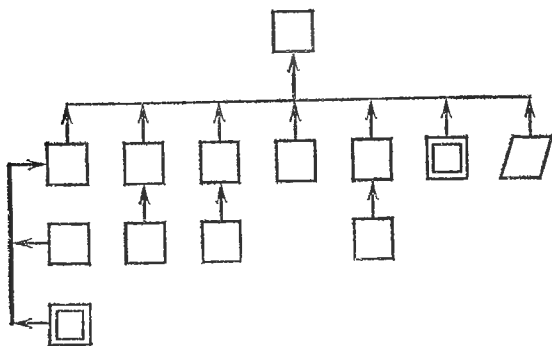


Рис. 16. Структурная схема изделия и его составных частей

документ, определяющий состав изделия, входимость составных частей, их назначение и взаимосвязь. Схему деления разрабатывают на изделия (составные части изделия), на которые имеется тактико-техническое задание (ТТЗ) или техническое задание (ТЗ) заказчика (головного разработчика). Схему деления разрабатывают на стадии технического проекта (эскизного проекта, если технический проект не выполняется). В схеме деления приводят состав изделия (комплексы, сборочные единицы, детали, входящие в изделие, как вновь разработанные, так и заимствованные и покупные).

Условные графические обозначения изделия и его составных частей (оригинальных, покупных, заимствованных) приведены на рис. 15, а—в.

Информацию об изделии в условном графическом обозначении располагают сверху вниз в следующей последовательности: обозначение, наименование, индекс и т. д. (рис. 15, г).

Условные графические обозначения изделия и его составных частей должны быть соединены между собой, соответственно входимости, сплошными тонкими линиями со стрелками (рис. 16).



## МАТЕРИАЛЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

**Механические, физические и технологические свойства материалов.** Качество материалов оценивается механическими, физическими и технологическими свойствами. Первые два характеризуют техническую пригодность материала, а третьи — условия его обработки.

К основным механическим свойствам металлов и сплавов относятся следующие:

*предел текучести  $\sigma_T$*  — растягивающее напряжение, при котором деформация начинает расти без увеличения нагрузки;

*временное сопротивление при растяжении  $\sigma_B$*  — условное напряжение, получаемое делением максимальной нагрузки  $P_{\max}$  на площадь поперечного сечения  $F$ :

$$\sigma_B = \frac{P_{\max}}{F};$$

*относительное удлинение  $\delta$  ( $\delta_5$ )* — частное от деления остаточного удлинения (разности между длиной  $l_1$  сложенных частей разорванного образца и первоначальной его длиной  $l_0$ ) на первоначальную длину рабочей части \*<sup>1</sup>:

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} 100 \%;$$

при длине рабочей части  $l_0 = 5 \sqrt{\frac{4F}{\pi}}$  (где  $F$  — площадь поперечного сечения) относительное удлинение обозначается  $\delta_5$  и будет больше, чем  $\delta_{10}$ , полученное у образцов с длиной рабочей части  $l_0 = 10 \sqrt{\frac{4F}{\pi}}$ ;

*относительное сужение  $\psi$*  — определяется как частное от деления разности площадей поперечного сечения

---

\*<sup>1</sup> Перечисленные характеристики определяются при растяжении образцов с головками и цилиндрической (призматической) рабочей частью.

начального и минимального (в месте разрыва) на первоначальную площадь этого сечения:

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} 100\%;$$

*ударная вязкость  $a_H$*  — определяется при изломе образца размером  $10 \times 10 \times 55$  мм с закругленным надрезом глубиной 2 мм посередине на маятниковом копре и выражается отношением работы излома  $A$  к площади поперечного сечения  $F$  в месте надреза (нож маятника ударяет по обратной стороне в месте надреза):

$$a_H = \frac{A}{F} = 1,25A;$$

*предел прочности хрупких материалов при статическом изгибе  $\sigma_H$*  — максимальное напряжение при изломе образца прямоугольного сечения шириной  $b$  и высотой  $h$  или круглого сечения диаметром  $d$  изгибающим моментом  $M$ :

$$\sigma_H = \frac{6M}{bh^2} \text{ или } \sigma_H = \frac{32M}{\pi d^3};$$

*твердость по Бринеллю* — отношение нагрузки, вдавливающей стальной шарик в испытуемый металл или сплав, к площади поверхности сферической лунки в металле (сплаве):

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{P}{\pi Dh} = \frac{2P}{\pi D \sqrt{D^2 - d^2}},$$

где  $D$  — диаметр шарика (10; 5; 2,5 мм);  $d$  — измеренный диаметр отпечатка, мм;  $h$  — глубина отпечатка; при нагрузках, равных  $30D^2$ ;  $10D^2$ ;  $2,5D^2$  ( $D$  в мм), твердость определяют по таблицам без вычислений; метод рекомендуется при твердости не выше 4500 HB<sup>\*1</sup>;

*твердость по Виккерсу* — отношение нагрузки на стандартную пирамиду при вдавливании ее вершины в испытуемый материал к площади поверхности пирамидального отпечатка:

$$HV = \frac{P}{F} = 1,8544 \frac{P}{D^2},$$

где  $D$  — диагональ отпечатка;

<sup>\*1</sup> Твердость HB в МПа.

*твердость по Роквеллу* — условная характеристика, значение которой отсчитывают по шкале твердомера; в зависимости от условий определения различают твердость: HRA — для очень твердых материалов (по шкале А); HRB — для мягкой стали (по шкале В); HRC — для закаленной стали (по шкале С).

Основные физические характеристики материалов следующие:

*плотность* — отношение массы вещества  $M$  к его объему  $V$ :

$$\gamma = \frac{M}{V};$$

*температура плавления*  $t_{\text{пл}}$  — температура превращения твердого вещества в жидкое;

*теплопроводность*  $\lambda$  — отношение произведения количества теплоты  $Q$ , проходящей через пластинку материала, на толщину пластинки  $l$  к площади пластинки  $F$ , умноженной на разность температур на ее сторонах ( $t_1 - t_2$ ) и на время  $\tau$ :

$$\lambda = \frac{Ql}{F(t_1 - t_2)\tau};$$

*коэффициент линейного расширения*  $\alpha$  — линейная деформация материала при изменении температуры на  $1^\circ\text{C}$ .

Основные технологические свойства следующие:

*обрабатываемость металла резанием* оценивается скоростью затупления резца при точении на заданных режимах резания с обеспечением заданных параметров шероховатости поверхности и выражается в процентах от обрабатываемости стали повышенной обрабатываемости резанием или свинцовистой латуни соответственно для сталей или медных сплавов;

*обрабатываемость давлением* в горячем и холодном состоянии оценивают различными технологическими пробами (на осадку, на изгиб, на вытяжку сферической лунки и др.), характеристиками пластичности, твердости и упрочнения материала при температуре обработки;

*свариваемость* — способность металлов и сплавов образовывать неразъемные соединения с требуемыми механическими характеристиками; ее оценивают сравнением свойств сварных соединений со свойствами основного металла или сплава; свариваемость считается тем выше,

чем больше способов сварки может быть применено, шире пределы допускаемых режимов сварки; для оценки технологической свариваемости определяют структуру, механические свойства и склонность к образованию трещин металла шва и околошовной зоны.

*Литейные свойства* определяются совокупностью показателей (температурами плавления, кипения, заливки и кристаллизации; плотностью и жидкотекучестью расплава; литейной усадкой и др.). Оптимальные показатели позволяют получить отливки без внутренних и внешних дефектов.

*Упрочняемость металлов и сплавов* определяется способностью материала приобретать более высокую прочность после термической или механической обработки.

*Структура металлов.* Металлы и сплавы при одном и том же химическом составе могут иметь различное структурное строение в зависимости от применяемых методов и режимов термической и механической обработки. Различают макро- и микроструктуру металлов. Методы контроля структуры металлов и сплавов стандартизованы.

*Макроструктуру* стали оценивают на протравленных образцах по шести показателям путем сравнения с эталоном: 1) центральной пористости — мелким пустотам, не завариваемым при горячей обработке давлением; 2) ликвации — неоднородности отдельных участков металла по химическому составу, структуре, неметаллическим и газовым включениям; 3) подкорковым пузырям — мелким пустотам, расположенным вблизи поверхности или на поверхности заготовки; 4) монокристаллическим трещинам — тонким извилистыми полоскам от оси заготовки; 5) послёйной кристаллизации — чередующимся слоям металла в виде узких светлых и темных полос; 6) светлой полоске — яркой концентрической полоске металла пониженной травленности.

*Дефекты поверхности и формы* прокатанных изделий установлены ГОСТ 20847—75 и ГОСТ 21014—75. Оценку проводят по 96 параметрам. На изломах макроструктуру оценивают путем сравнения с нормативными макроструктурами, приведенными в ГОСТ 10243—75, по 25 параметрам.

Условные обозначения основных элементов в марках металлов и сплавов приведены в табл. 1, марок материа-

# 1. Условные обозначения основных элементов в марках металлов и сплавов

| Элемент   | Символ | Принятое обозначение элементов в марках металлов и сплавов |         | Элемент   | Символ | Принятое обозначение элементов в марках металлов и сплавов |         |
|-----------|--------|------------------------------------------------------------|---------|-----------|--------|------------------------------------------------------------|---------|
|           |        | черных                                                     | цветных |           |        | черных                                                     | цветных |
| Азот      | N      | А                                                          | —       | Неодим    | Nd     | —                                                          | Нм      |
| Алюминий  | Al     | Ю                                                          | А       | Никель    | Ni     | Н                                                          | Н       |
| Барий     | Ba     | —                                                          | Бр      | Ниобий    | Nb     | Б                                                          | Нп      |
| Бериллий  | Be     | Л                                                          | —       | Олово     | Sn     | —                                                          | О       |
| Бор       | B      | Р                                                          | —       | Осмий     | Os     | —                                                          | Ос      |
| Ванадий   | V      | Ф                                                          | Вам     | Палладий  | Pd     | —                                                          | Пд      |
| Висмут    | Bi     | Ви                                                         | Ви      | Платина   | Pt     | —                                                          | Рл      |
| Вольфрам  | W      | В                                                          | —       | Празеодим | Pr     | —                                                          | Пр      |
| Гадолиний | Gg     | —                                                          | Гм      | Рений     | Re     | —                                                          | Ре      |
| Галлий    | Ga     | Гл                                                         | Гл      | Родий     | Rh     | —                                                          | Рд      |
| Гафний    | Hf     | —                                                          | Гф      | Ртуть     | Hg     | —                                                          | Р       |
| Германий  | Ge     | —                                                          | Г       | Рутений   | Ru     | —                                                          | Ру      |
| Гольмий   | Ho     | —                                                          | ГОМ     | Самарий   | Sm     | —                                                          | Сам     |
| Диспрозий | Dy     | —                                                          | ДИМ     | Свинец    | Pb     | —                                                          | С       |
| Европий   | Eu     | —                                                          | Ев      | Селен     | Se     | Е                                                          | СТ      |
| Железо    | Fe     | —                                                          | Ж       | Серебро   | Ag     | —                                                          | Ср      |
| Золото    | Au     | —                                                          | Зл      | Скандий   | Sc     | —                                                          | Скм     |
| Индий     | In     | —                                                          | Ин      | Сурьма    | Sb     | —                                                          | Су      |
| Иридий    | Ir     | и                                                          | И       | Таллий    | Tl     | —                                                          | Тл      |
| Иттербий  | Yb     | —                                                          | ИТМ     | Тантал    | Ta     | —                                                          | ТТ      |
| Иттрий    | Y      | —                                                          | ИМ      | Теллур    | Te     | —                                                          | Т       |
| Кадмий    | Cd     | Кд                                                         | Кд      | Тербий    | Tb     | —                                                          | Том     |
| Кобальт   | Co     | К                                                          | К       | Титан     | Ti     | Т                                                          | ТПД     |
| Кремний   | Si     | С                                                          | Кр(К)   | Тулий     | Tu     | —                                                          | ТУМ     |
| Лантан    | La     | —                                                          | Ла      | Углерод   | C      | У                                                          | —       |
| Литий     | Li     | —                                                          | Лэ      | Фосфор    | P      | П                                                          | Ф       |
| Лютеций   | Lu     | —                                                          | Люм     | Хром      | Cr     | Х                                                          | Х(Хр)   |
| Магний    | Mg     | Ш                                                          | Мг      | Церий     | Ce     | —                                                          | Се      |
| Марганец  | Mn     | Г                                                          | Мц(Мр)  | Цинк      | Zn     | —                                                          | Ц       |
| Медь      | Cu     | Д                                                          | М       | Цирконий  | Zr     | Ц                                                          | ЦЭВ     |
| Молибден  | Mo     | М                                                          | —       | Эрбий     | Er     | —                                                          | Эрм     |

## 2. Условные обозначения марок материалов

| Материал                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Обозначение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Стали</b></p> <p>Углеродистая обыкновенного качества (ГОСТ 380—71)</p> <p>Углеродистая качественная (ГОСТ 1050—74**)</p> <p>Высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаро-стойкие и жаропрочные (ГОСТ 5632—72)</p> <p>Углеродистая инструментальная (ГОСТ 1435—74)</p> <p>Легированная инструментальная (ГОСТ 5950—73*)</p> | <p>Буквами Ст и цифрами 0, 1, 2, 3 и т. д. до 6. Увеличение номера указывает на повышение содержания углерода и временного сопротивления (Ст1, Ст2). Слева от букв Ст ставят букву Б или В, которые обозначают группу стали (группа А в обозначении марки стали не указывается). Если сталь кипящая, то после цифр ставят буквы кп, полуспокойная — пс, спокойная — сп. Эти индексы обозначают степень раскисления стали. Двумя цифрами: 05, 08, 10, 15, 20 и т. д. до 60, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента (08, 15, 30, 45). Если сталь кипящая, то после цифр ставят буквы кп, полуспокойная — пс (08кп, 20пс).</p> <p>Первые две цифры указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента, а буквы за цифрами означают, что в составе стали находятся легирующие элементы (обозначения элементов см. выше) (40Х, 40ХН, 30ХГС). Цифры, стоящие после букв, указывают примерное содержание легирующего элемента в целых единицах процента (35Г2, 30Х2, ГН2). Если содержание легирующего элемента менее 1,5 % — цифра отсутствует (50Х, 15ХР, 30ХГС). Буква А в конце обозначений марок указывает, что сталь высококачественная (15ХА, 20ХН3А).</p> <p>Буквой У и цифрами, показывающими среднее содержание углерода в десятых долях процента (У7, У8). Для высококачественной стали в конце ставят букву А (У8А).</p> <p>Первые цифры означают среднее содержание углерода в десятых долях процента. Они могут не указываться, если содержание углерода в стали меньше 0,1 % (9Х, 4ХС, 5ХГН). Цифры, стоящие после букв, обозначающих легирующий элемент, показывают среднее содержание легирующего элемента в целых единицах процента (Х12, Х12М, 8Х3).</p> |

Продолжение табл. 2

| Материал                                                                            | Обозначение                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подшипниковая<br>(ГОСТ 801—60)                                                      | Буквами ШХ и цифрами, показывающими содержание хрома в десятых долях процента. Буквы после цифр показывают наличие дополнительных легирующих элементов                                                                                 |
| Конструкционная<br>повышенной и высокой обрабатываемости резанием<br>(ГОСТ 1414—75) | Буквой А и цифрами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента (А12)                                                                                                                                             |
| Чугун<br>Серый<br>(ГОСТ 1412—85)                                                    | Буквами СЧ и двузначным числом, обозначающим минимальное временное сопротивление при растяжении в МПа·10 <sup>-1</sup> (СЧ 10)                                                                                                         |
| Ковкий<br>(ГОСТ 1215—79)                                                            | Буквами КЧ. Первое двузначное число обозначает временное сопротивление при растяжении в МПа·10 <sup>-1</sup> , второе число — относительное удлинение в % (КЧ 30—6)                                                                    |
| Легируемый для отливок со специальными свойствами<br>(ГОСТ 7769—82)                 | Первой буквой Ч и последующими буквами, показывающими наличие легирующих элементов. Цифры обозначают последовательно среднее содержание легирующих элементов в процентах. Буква Ш означает, что графит в чугуне имеет шаровидную форму |
| Алюминиевые сплавы                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                        |
| Литейные                                                                            | Буквами АЛ, после которых указывается номер сплава (АЛ2)                                                                                                                                                                               |
| Деформируемые                                                                       | Буквами Д, АК, АМ, ВД и В, после которых указывается номер сплава (Д16)                                                                                                                                                                |
| Магниевого сплавы                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                        |
| Литейные                                                                            | Буквами Мл, после которых указывается номер сплава (Мл5)                                                                                                                                                                               |
| Деформируемые                                                                       | Буквами МА; за ними следует номер сплава (МА3)                                                                                                                                                                                         |
| Латуни                                                                              | Первой буквой Л — латунь и другими буквами, показывающими содержание легирующих элементов. Первое число — процентное содержание меди, остальные — содержание легирующих элементов                                                      |

Продолжение табл. 2

| Материал                                           | Обозначение                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Бронзы</b>                                      | Первыми двумя буквами Бр — бронза и последующими, показывающими только легирующие элементы. Цифры указывают их процентное содержание (БрО4—4)                                                                                                                                          |
| <b>Медно-никелевые сплавы</b>                      | Первыми двумя буквами МН и последующими, показывающими элементы сплава. Первое число означает содержание никеля и кобальта в процентах, остальные числа — содержание других элементов в той последовательности, в которой стоят буквы (МНЖМЦ 30—0,8—1)                                 |
| <b>Баббиты</b><br>(ГОСТ 1320—74)                   | Буквой Б и числом, показывающим содержание олова в процентах (Б88)                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Сплавы твердые спеченные</b><br>(ГОСТ 3882—74*) | Группа ВК — вольфрамовые; цифра после буквы К означает содержание кобальта в процентах. Группа Т — титановольфрамовые; цифра после Т означает содержание карбида титана. Группа ТТ — титанотанталовольфрамовые; цифра после Т указывает суммарное содержание карбидов титана и тантала |

## 3. Условные обозначения видов термической обработки

| Вид обработки | Обозначение | Вид обработки                                                                      | Обозначение |
|---------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Отжиг         | О           | Закалка с нагревом ТВЧ до твердости 32,2—36,8 HRC <sub>a</sub>                     | ТВЧ48       |
| Нормализация  | Н           | Цементация и закалка с охлаждением в масле до твердости 32,2—36,8 HRC <sub>a</sub> | Ц-М48       |
| Улучшение     | У           | Цементация и закалка с охлаждением в воде до твердости 32,2—36,8 HRC <sub>a</sub>  | Ц-В48       |



Продолжение табл. 3

| Вид обработки                                                         | Обозначение | Нид обработки                                                               | Обозначение |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Закалка с охлаждением в воде до твердости 32—42 HRC <sub>9</sub>      | B35         | Цементация и закалка с нагревом ТВЧ до твердости 32,2—36,8 HRC <sub>9</sub> | Ц-ТВЧ48     |
| Закалка с охлаждением в масле до твердости 47,5—51,5 HRC <sub>9</sub> | M48         | Жидкостная цементация                                                       | ЦЖ          |
| Изотермическая закалка до твердости 32,2—36,8 HRC <sub>9</sub>        | ИЗО48       | Азотирование до твердости 32,2—36,8 HRC <sub>9</sub>                        | АТ48        |

## 4. Цвета краски материалов различных групп

| Группа                                    | Цвет краски          |
|-------------------------------------------|----------------------|
| <b>Сталь обыкновенного качества</b>       |                      |
| Ст0; ВСт0, БСт0                           | Красный и зеленый    |
| Ст1, ВСт1кп                               | Желтый и черный      |
| Ст2, ВСт2кп                               | Желтый               |
| Ст3, ВСт3кп, ВСт3, БСт3кп, БСт3           | Красный              |
| Ст4, ВСт4кп, ВСт4, БСт4кп, БСт4           | Черный               |
| Ст5, ВСт5                                 | Зеленый              |
| Ст6                                       | Синий                |
| <b>Углеродистая качественная сталь</b>    |                      |
| 08, 10, 15, 20                            | Белый                |
| 25, 30, 35, 40                            | Белый и желтый       |
| 45, 50, 55, 60                            | Белый и коричневый   |
| <b>Легированная конструкционная сталь</b> |                      |
| Хромистая                                 | Зеленый и желтый     |
| Хромомолибденовая                         | Зеленый и фиолетовый |
| Хромованадиевая                           | Зеленый и черный     |
| Марганцовистая                            | Коричневый и синий   |
| Хромомарганцовая                          | Синий и черный       |
| Хромокремнистая                           | Синий и красный      |
| Хромокремнемарганцовая                    | Красный и фиолетовый |
| Никельмолибденовая                        | Желтый и фиолетовый  |

Продолжение табл. 4

| Группа                                                        | Цвет краски                                           |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Хромоникелевая<br>Хромоникелемолибденовая<br>Хромоалюминиевая | Желтый и черный<br>Фиолетовый и черный<br>Алюминиевый |
| <b>Коррозионно-стойкая сталь</b>                              |                                                       |
| Хромистая                                                     | Алюминиевый и черный                                  |
| Хромоникелевая                                                | Алюминиевый и красный                                 |
| Хромтитановая                                                 | Алюминиевый и желтый                                  |
| Хромоникелекремнистая                                         | Алюминиевый и зеленый                                 |
| Хромоиикелетитановая                                          | Алюминиевый и синий                                   |
| Хромоиикелениобиевая                                          | Алюминиевый и белый                                   |
| Хромомарганценикелевая                                        | Алюминиевый и коричневый                              |
| Хромоиикелемолибденотитановая                                 | Алюминиевый и фиолетовый                              |
| <b>Быстрорежущая сталь</b>                                    |                                                       |
| P18                                                           | Бронзовый и красный                                   |
| P9                                                            | Бронзовый                                             |
| <b>Твердые спеченные сплавы</b>                               |                                                       |
| BK2                                                           | Черный с белой полосой                                |
| BK3—M                                                         | Черный с оранжевой полосой                            |
| BK4                                                           | Оранжевый                                             |
| BK6                                                           | Синий                                                 |
| BK6—M                                                         | Синий с белой полосой                                 |
| BK6—B                                                         | Фиолетовый                                            |
| BK8                                                           | Красный                                               |
| BK8—B                                                         | Красный с синей полосой                               |
| BK10                                                          | Красный с белой полосой                               |
| BK15                                                          | Белый                                                 |
| T15K6                                                         | Зеленый                                               |
| T30K4                                                         | Голубой                                               |

## 5. Определение марки стали по искре

| Сталь                                                | Цвет и характеристика пучка искр                                                                                                           |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Низкоуглеродистая<br>нелегированная (до<br>0,15 % C) | Короткий темно-желтый пучок искр, принимающих форму полосок и становящихся более светлыми в зоне сгорания; мало звездобразных разветвлений |

Продолжение табл. 5

| Сталь                                                               | Цвет и характеристика пучка искр                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Среднеуглеродистая нелегированная (0,15—1,0 % С)                    | При повышении содержания углерода образуется более плотный и более светлый желтый пучок искр с многочисленными звездочками и ответвлениями лучей                         |
| Высокоуглеродистая нелегированная (св. 1,0 % С)                     | Очень плотный желтый пучок искр с многочисленными звездочками. При увеличении содержания углерода уменьшается яркость и укорачивается пучок искр                         |
| Нелегированная с повышенным содержанием марганца                    | Широкий плотный ярко-желтый пучок искр; внешняя зона линий искр особенно яркая. Многочисленные разветвления лучей                                                        |
| Марганцовистая (12 % Mn)                                            | Преобладание зоитообразных искр                                                                                                                                          |
| Конструкционная (до 5 % Ni)                                         | Яркие желтые линии искр в виде язычков, расщепленные на конце; увеличение яркости в зоне сгорания. При повышении содержания углерода на концах искр появляются звездочки |
| Хромистая с низким содержанием углерода и высоким содержанием хрома | Короткий темно-красный пучок искр без звездочек, слабо разветвленный; искры прилипают к поверхности шлифовального круга                                                  |
| Никелевая высоколегированная                                        | При содержании 35 % Ni красно-желтое окрашивание пучка. При более высоком содержании никеля (около 47 %) яркость искр значительно ослабевает                             |
| Хромоиникелевая                                                     | Желто-красные искры с более яркими полосами в зоне сгорания. При повышенном содержании хрома и никеля пучок искр более темный                                            |
| Вольфрамовая                                                        | Красные короткие искры; линии искр отчетливо изгибаются книзу. Разветвление звездочек углерода отсутствует. Чем выше содержание вольфрама, тем слабее образование искр   |
| Молибденовая                                                        | Ярко-желтые искры в виде язычков. При низком содержании кремния язычки видны перед звездочками углерода; при повышенном содержании — за звездочками углерода             |

## 6. Цвета калиения стали

| Темпера-<br>тура, °C | Цвет калиения              | Темпера-<br>тура, °C | Цвет калиения  |
|----------------------|----------------------------|----------------------|----------------|
| 550—580              | Темно-коричневый           | 830—900              | Светло-красный |
| 580—650              | Коричнево-красный          | 900—1050             | Оранжевый      |
| 650—730              | Темно-красный              | 1050—1150            | Темно-желтый   |
| 730—770              | Темно-вишнево-крас-<br>ный | 1150—1250            | Светло-желтый  |
| 770—800              | Вишнево-красный            | 1250—1300            | Ярко-желтый    |
| 800—830              | Светло-вишнево-<br>красный |                      |                |

## 7. Цвета побежалости углеродистой стали

| Темпера-<br>тура, °C | Цвет побежалости  | Темпера-<br>тура, °C | Цвет побежалости |
|----------------------|-------------------|----------------------|------------------|
| 220                  | Светло-желтый     | 285                  | Фиолетовый       |
| 240                  | Темно-желтый      | 295                  | Васильково-синий |
| 255                  | Коричнево-желтый  | 314                  | Светло-синий     |
| 265                  | Коричнево-красный | 330                  | Серый            |
| 275                  | Пурпурно-красный  |                      |                  |

8. Цвета побежалости коррозионно-стойких сталей  
и жаропрочных сплавов

| Темпера-<br>тура, °C | Цвет побежалости      |               |                        |
|----------------------|-----------------------|---------------|------------------------|
|                      | 12X18H9T              | XH75MBTЮ      | XH77TЮP                |
| 300                  | Светло-соломенный     | —             | —                      |
| 400                  | Соломенный            | Светло-желтый | —                      |
| 500                  | Красновато-коричневый | Желтый        | Светло-соло-<br>менный |
| 600                  | Фиолетово-синий       | Коричневый    | Фиолетовый             |
| 700                  | Синий                 | Синий         | Синий                  |
| 800                  | —                     | Голубой       | Голубой                |

лов — в табл. 2, видов термической обработки стали — в табл. 3.

Марку стали по искре определяют по табл. 6, а цвета каления и побежалости стали соответственно по табл. 6—8.

## ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Чугун (табл. 9—11) — сплав железа с углеродом (более 2 % С), разделяют на нелегированный и легированный, содержащий хром, никель, марганец и другие легирующие элементы.

По структуре различают белый чугун (с белым изломом), в котором углерод находится в виде цементита, и серый чугун (с серым изломом), в котором углерод находится в основном в форме графита. Серый чугун подразделяют на серый литейный, высокопрочный, ковкий, жаростойкий, жаропрочный, коррозионно-стойкий и антифрикционный.

Сталью называют сплав железа с углеродом (до 2 % С). По химическому составу сталь разделяют на углеродистую и легированную, а по качеству — на сталь обыкновенного качества, качественную, повышенного качества и высококачественную.

*Сталь углеродистую обыкновенного качества* (ГОСТ 380—71) (табл. 12, 13) подразделяют на три группы: А — поставляемую по механическим свойствам и применяемую в основном тогда, когда изделия из нее подвергают горячей обработке (сварка,ковка и др.), которая может изменить регламентируемые механические свойства (Ст0, Ст1 и др.); Б — поставляемую по химическому составу и применяемую для деталей, подвергаемых такой обработке, при которой механические свойства меняются, а уровень их кроме условий обработки определяется химическим составом (БСт0, БСт1 и др.); В — поставляемую по механическим свойствам и химическому составу для деталей, подвергаемых сварке (ВСт1, ВСт2 и др.).

*Сталь углеродистая качественная конструкционная* (ГОСТ 1050—74) по видам обработки при поставке делится на горячекатаную и кованую, калиброванную, круглую со специальной отделкой поверхности — серебрянку. По требованиям к испытанию механических свойств сталь подразделяют на пять категорий (табл. 14). Основные

### 9. Основные свойства серого литейного чугуна и его применение

| Марка                                | $\sigma_{\text{л}}$ ,<br>МПа | НВ      | Примечание                                                                                                                   |
|--------------------------------------|------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Чугун с пластинчатым графитом</b> |                              |         |                                                                                                                              |
| СЧ 10                                | 275                          | 139—274 | Малоответственные отливки с толщиной стенок до 15 мм (корпуса, крышки, кожухи и др.)                                         |
| СЧ 15                                | 314                          | 160—224 | Малоответственные отливки с толщиной стенок 10—30 мм (трубы, корпуса клапанов, вентили при давлении до 20 МПа и др.)         |
| СЧ 18                                | 354                          | 167—224 | Ответственные отливки с толщиной стенок 10—20 мм (шкивы, зубчатые колеса, станины, суппорты и др.)                           |
| СЧ 20                                | 397                          | 167—236 | Ответственные отливки с толщиной стенок до 30 мм (блоки цилиндров, поршни, тормозные барабаны, каретки и др.)                |
| СЧ 25                                | 450                          | 176—245 | Ответственные отливки с толщиной стенок до 40 мм (кокильные формы, поршневые кольца и др.)                                   |
| СЧ 30                                | 490                          | 177—250 | Ответственные отливки с толщиной стенок до 60 мм (поршни, гильзы дизелей, рамы, штампы и др.)                                |
| СЧ 35                                | 540                          | 193—264 | Ответственные высоконагруженные отливки с толщиной стенок до 100 мм (малые коленчатые валы, детали паровых двигателей и др.) |

### 10. Механические свойства ковкого чугуна и его применение

| Марка     | НВ  | Применение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| КЧ 30—6   | 160 | В основном для небольших отливок, работающих в условиях динамических нагрузок (детали в автомобильной, тракторной и сельскохозяйственной промышленности)<br>Ограниченное применение обусловлено сложностью изготовления отливок, длительностью термической обработки, ограниченными допускаемыми размерами сечений (не более 30—40 мм) |
| КЧ 33—8   | 160 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| КЧ 35—10  | 160 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| КЧ 37—12  | 160 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| КЧ 45—7   | 203 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| КЧ 50—5   | 226 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| КЧ 55—4   | 236 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| КЧ 60—3   | 264 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| КЧ 65—3   | 264 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| КЧ 70—2   | 280 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| КЧ 80—1,5 | 314 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

# 11. Механические свойства легированного чугуна для отливок со специальными свойствами

| Марка<br>чугуна | $\sigma_B$ ,<br>МПа | $\delta$ ,<br>% | $\sigma_M$ ,<br>МПа | НВ      | Свойства                                                             |
|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|---------|----------------------------------------------------------------------|
| ЧХ1             | 170                 | —               | 350                 | 203—280 | Жаростойкий                                                          |
| ЧХ2             | 150                 | —               | 310                 | 203—280 | »                                                                    |
| ЧХ3             | 150                 | —               | 310                 | 223—356 | », износостойкий                                                     |
| ЧХ3Т            | 200                 | —               | 400                 | 440—580 | Износостойкий                                                        |
| ЧХ9Н5           | 350                 | —               | 700                 | 490—607 | »                                                                    |
| ЧХ16            | 350                 | —               | 700                 | 390—440 | », жаростойкий                                                       |
| ЧХ16М2          | 170                 | —               | 490                 | 490—607 | То же                                                                |
| ЧХ22            | 290                 | —               | 540                 | 333—607 | »                                                                    |
| ЧХ22С           | 290                 | —               | 540                 | 215—333 | Коррозионно- и жаростойкие                                           |
| ЧХ28            | 370                 | —               | 560                 | 215—264 | То же                                                                |
| ЧХ28П           | 200                 | —               | 400                 | 245—390 | Стойкий в цинковом расплаве                                          |
| ЧХ28Д2          | 390                 | —               | 690                 | 390—635 | Износ- и коррозионно-стойкий                                         |
| ЧХ32            | 390                 | —               | 690                 | 245—333 | Жаро- и износостойкий                                                |
| ЧС5             | 150                 | —               | 290                 | 140—294 | Жаростойкий                                                          |
| ЧС5Ш            | 290                 | —               | —                   | 223—294 | »                                                                    |
| ЧС13            | 100                 | —               | 210                 | 294—390 | Коррозионно-стойкие в жидкой среде                                   |
| ЧС15            | 60                  | —               | 170                 | 294—390 | То же                                                                |
| ЧС17            | 40                  | —               | 140                 | 390—450 | »                                                                    |
| ЧС15М4          | 60                  | —               | 140                 | 390—450 | »                                                                    |
| ЧС17М3          | 60                  | —               | 100                 | 390—450 | »                                                                    |
| ЧЮХШ            | 390                 | —               | 590                 | 183—356 | Жаростойкий                                                          |
| ЧЮ6С5           | 120                 | —               | 240                 | 236—294 | Жаро- и износостойкие                                                |
| ЧЮ7Х2           | 120                 | —               | 170                 | 254—294 | То же                                                                |
| ЧЮ22Ш           | 290                 | —               | 490                 | 235—356 | Жаро- и износостойкие                                                |
| ЧЮ30            | 200                 | —               | 350                 | 356—536 | при высокой температуре                                              |
| ЧГ6С3Ш          | 496                 | —               | 680                 | 215—254 | Износостойкий                                                        |
| ЧГ7Х4           | 150                 | —               | 330                 | 490—586 | »                                                                    |
| ЧГ8Д3           | 150                 | —               | 330                 | 176—285 | Маломагнитный                                                        |
| ЧНХТ            | 280                 | —               | 430                 | 196—280 | Коррозионно-стойкие в газовых средах двигателей внутреннего сгорания |
| ЧНХМД           | 290                 | —               | 690                 | 196—280 | »                                                                    |
| ЧНМШ            | 490                 | 2               | —                   | 183—280 | »                                                                    |
| ЧН2Х            | 290                 | —               | 490                 | 215—280 | Износостойкий                                                        |
| ЧХ4Х2           | 200                 | —               | 400                 | 460—645 | »                                                                    |
| ЧН11Г7Ш         | 390                 | 4               | —                   | 120—250 | Жаропрочный                                                          |
| ЧН15Д7          | 150                 | —               | 350                 | 120—250 | Маломагнитный                                                        |
| ЧН15Д3Ш         | 340                 | 4               | —                   | 120—250 | »                                                                    |

Продолжение табл. 11

| Марка чугуна | $\sigma_B$ , МПа | $\delta$ , % | $\sigma_{II}$ , МПа | НВ      | Свойства                                                  |
|--------------|------------------|--------------|---------------------|---------|-----------------------------------------------------------|
| ЧН19Х3Ш      | 340              | 4            | —                   | 120—250 | Маломагнитный<br>Жаропрочный, хладостойкий, маломагнитный |
| ЧН20Д2Ш      | 500              | 25           | —                   | 120—220 |                                                           |

**12. Механические свойства углеродистой стали  
обыкновенного качества группы А**

| Марка стали  | $\sigma_B$ , МПа | $\sigma_T$ , МПа | $\delta$ , % |
|--------------|------------------|------------------|--------------|
| Ст0          | Не менее 300     | —                | 23           |
| Ст1кп        | 300—390          | —                | 35           |
| Ст1пс, Ст1сп | 310—410          | —                | 34           |
| Ст2кп        | 320—410          | 215              | 33           |
| Ст2пс, Ст2сп | 330—430          | 225              | 32           |
| Ст3кп        | 360—460          | 235              | 27           |
| Ст3пс, Ст3сп | 370—480          | 245              | 26           |
| Ст3Гпс       | 370—490          | 245              | 26           |
| Ст3Гсп       | 390—570          | —                | —            |
| Ст4кп        | 400—510          | 255              | 25           |
| Ст4пс, Ст4сп | 410—530          | 265              | 24           |
| Ст5пс, Ст5сп | 490—630          | 285              | 20           |
| Ст5Гпс       | 540—590          | 285              | 20           |
| Ст6пс        | Не менее         | 315              | 15           |
| Ст6сп        | 590 (60)         |                  |              |

**13. Примерное назначение углеродистой стали  
обыкновенного качества**

| Марка | Назначение                                                                                                     |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ст0   | Неответственные строительные конструкции, прокладки, шайбы, кожухи. Свариваемость хорошая                      |
| Ст1   | Малонагруженные детали металлоконструкций — заклепки, шайбы, шпильки, прокладки, кожухи. Свариваемость хорошая |
| Ст2   | Детали металлоконструкций — рамы, оси, ключи, валики, цементируемые детали. Свариваемость хорошая              |



Продолжение табл. 13

| Марка | Назначение                                                                                                                                                                            |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ст3   | Рамы тележек, цементируемые и цианируемые детали, от которых требуется высокая твердость поверхности и невысокая прочность сердцевины, крюки кранов, кольца, цилиндры, шатуны, крышки |
| Ст4   | Валы, оси, тяги, пальцы, крюки, болты, гайки, детали при невысоких требованиях к прочности                                                                                            |
| Ст5   | Валы, оси, звездочки, крепежные детали, зубчатые колеса, шатуны, детали при повышенных требованиях к прочности                                                                        |
| Ст6   | Валы, оси, бойки молотов, шпиндели, муфты кулачковые и фрикционные, цепи, детали с высокой прочностью                                                                                 |

## 14. Категории углеродистой качественной конструкционной стали

| Категория | Требования к испытанию механических свойств                                                                                                                                                           | Сталь                                             |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1         | Без испытания механических свойств на растяжение и ударную вязкость                                                                                                                                   | Горячекатаная, кованая, калиброванная, серебрянка |
| 2         | С испытанием механических свойств на растяжение и ударную вязкость на образцах, изготовленных из нормализованных заготовок размером 25 мм (диаметр или сторона квадрата)                              | То же                                             |
| 3         | С испытанием механических свойств на растяжение на образцах, изготовленных из нормализованных заготовок указанного в заказе размера, но не более 100 мм                                               | Горячекатаная, кованая, калиброванная             |
| 4         | С испытанием механических свойств на растяжение и ударную вязкость на образцах, изготовленных из термически обработанных (закалка + отпуск) заготовок указанного в заказе размера, но не более 100 мм | То же                                             |
| 5         | С испытанием механических свойств на растяжение на образцах, изготовленных из сталей в нагартованном или термически обработанном состоянии (отожженной или высокоотпущенной)                          | Калиброванная                                     |

### 15. Примерное назначение углеродистой качественной конструкционной стали

| Марка    | Назначение                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 08кп, 10 | Детали, изготавливаемые холодной штамповкой и холодной высадкой, трубы, прокладки, крепеж, колпачки. Цементуемые и цианируемые детали, не требующие высокой прочности сердцевин (штулки, валики, упоры, копиры, зубчатые колеса, фрикционные диски)          |
| 15, 20   | Малонагруженные детали (валики, пальцы, упоры, копиры, оси, шестерни). Тонкие детали, работающие на истирание, рычаги, крюки, траверсы, вкладыши, болты, стяжки и др.                                                                                        |
| 30, 35   | Детали, испытывающие небольшие напряжения (оси, шпиндели, звездочки, тяги, траверсы, рычаги, диски, валы)                                                                                                                                                    |
| 40, 45   | Детали, от которых требуется повышенная прочность (коленчатые валы, шатуны, зубчатые венцы, распределительные валы, маховики, зубчатые колеса, шпильки, храповики, плунжеры, шпиндели, фрикционные диски, оси, муфты, зубчатые рейки, прокатные валки и др.) |
| 50, 55   | Зубчатые колеса, прокатные валки, штоки, бандажи, валы, эксцентрики, малонагруженные пружины и ресоры и др. Применяют после закалки с высоким отпускком и в нормализованном состоянии                                                                        |
| 60       | Детали с высокими прочностными и упругими свойствами (прокатные валки, эксцентрики, шпиндели, пружинные кольца, пружины и диски сцепления, пружины амортизаторов). Применяют после закалки или после нормализации (крупные детали)                           |

свойства и применение этих сталей приведены в табл. 15, 17 \*1.

*Легированную сталь* (табл. 16) по степени легирования разделяют на низколегированную (легирующих элементов до 2,5 %); среднелегированную (от 2,5 до 10 %), высоколегированную (от 10 до 50 %). В зависимости от основных легирующих элементов различают сталь 14 групп. К высоколегированным относят:

1) коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали и сплавы, обладающие стойкостью против электрохимической и

\*1 Здесь и далее в таблицах приняты обозначения: Н — низкая, У — удовлетворительная, В — высокая, ВВ — весьма высокая.

| Марка стали          | Термическая обработка         |                |                    |                 |                     | Механические свойства |                  |                |                           | Технологические свойства  |               |                                               |
|----------------------|-------------------------------|----------------|--------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|------------------|----------------|---------------------------|---------------------------|---------------|-----------------------------------------------|
|                      | Закалка                       |                |                    | Отпуск          |                     | $\sigma_T$ , МПа      | $\sigma_B$ , МПа | $\delta_b$ , % | $a_H$ , Дж/м <sup>2</sup> | Обрабатываемость резанием | Свариваемость | Пластичность при холодной обработке давлением |
|                      | Температура, °C               |                | Среда охлаждения   | Температура, °C | Среда охлаждения    |                       |                  |                |                           |                           |               |                                               |
|                      | первой закалки (нормализации) | второй закалки |                    |                 |                     |                       |                  |                |                           |                           |               |                                               |
| Хромистые стали      |                               |                |                    |                 |                     |                       |                  |                |                           |                           |               |                                               |
| 15X                  | 880                           | 770—820        | Вода<br>или масло  | 180             | Воздух<br>или масло | 490                   | 735              | 12             | 7                         | B                         | B             | B                                             |
| 15XA                 | 880                           | 770—820        | То же              | 180             | То же               | 490                   | 735              | 12             | 7                         | B                         | B             | B                                             |
| 20X                  | 880                           | 770—820        | »                  | 180             | »                   | 638                   | 786              | 11             | 6                         | B                         | B             | У                                             |
| 30X                  | 860                           | —              | Масло              | 500             | Вода                | 735                   | 884              | 12             | 7                         | B                         | У             | У                                             |
| 30ХРА                | 900                           | 860            | »                  | 200             | Воздух              | 1280                  | 1570             | 9              | 15                        | B                         | У             | У                                             |
| 35X                  | 860                           | —              | »                  | 500             | Вода<br>или масло   | 735                   | 910              | 11             | 7                         | B                         | У             | У                                             |
| 38XA                 | 860                           | —              | »                  | 550             | То же               | 786                   | 932              | 12             | 9                         | B                         | У             | У                                             |
| 40X                  | 860                           | —              | »                  | 500             | »                   | 786                   | 980              | 10             | 6                         | B                         | У             | У                                             |
| 45X                  | 840                           | —              | »                  | 520             | »                   | 835                   | 1030             | 9              | 5                         | B                         | H             | H                                             |
| 50X                  | 830                           | —              | »                  | 520             | »                   | 884                   | 1080             | 9              | 4                         | B                         | H             | H                                             |
| Марганцовистые стали |                               |                |                    |                 |                     |                       |                  |                |                           |                           |               |                                               |
| 20Г                  | 880                           | —              | Воздух             | —               | —                   | 274                   | 451              | 24             | —                         | У                         | B             | B                                             |
| 25Г                  | 880                           | —              | Вода<br>или воздух | 560             | Воздух              | 295                   | 490              | 22             | 9                         | У                         | B             | B                                             |

|      |     |   |            |     |   |     |     |    |   |   |   |   |
|------|-----|---|------------|-----|---|-----|-----|----|---|---|---|---|
| 30Г  | 860 | — | То же      | 600 | » | 315 | 540 | 20 | 8 | У | У | У |
| 35Г  | 860 | — | »          | 600 | » | 333 | 560 | 18 | 7 | У | У | У |
| 40Г  | 860 | — | »          | 600 | » | 353 | 588 | 17 | 6 | У | У | У |
| 45Г  | 850 | — | Масло      | 600 | » | 372 | 569 | 15 | 5 | У | У | У |
|      |     |   | или воздух |     |   |     |     |    |   |   |   |   |
| 50Г  | 850 | — | То же      | 600 | » | 392 | 648 | 13 | 4 | У | У | У |
| 10Г2 | 920 | — | Воздух     | —   | » | 245 | 422 | 22 | — | У | У | У |
| 30Г2 | 880 | — | Масло      | 600 | » | 343 | 588 | 15 | — | У | У | У |
|      |     |   | или воздух |     |   |     |     |    |   |   |   |   |
| 35Г2 | 870 | — | То же      | 650 | » | 363 | 618 | 13 | — | У | У | У |
| 40Г2 | 860 | — | »          | 650 | » | 382 | 658 | 12 | — | У | У | У |
| 45Г2 | 850 | — | »          | 650 | » | 402 | 686 | 11 | — | У | У | У |
| 50Г2 | 840 | — | »          | 650 | » | 421 | 735 | 11 | — | У | У | У |

## Хромомарганцовистые стали

|        |         |     |       |     |           |      |      |    |   |   |   |   |
|--------|---------|-----|-------|-----|-----------|------|------|----|---|---|---|---|
| 18ХГ   | 880     | —   | Масло | 200 | Воздух    | 735  | 884  | 10 | — | — | — | — |
|        |         |     |       |     | или масло |      |      |    |   |   |   |   |
| 18ХГТ  | 880—950 | 870 | »     | 200 | Воздух    | 884  | 980  | 9  | 8 | — | — | — |
|        | воздух  |     |       |     | или вода  |      |      |    |   |   |   |   |
| 20ХГР  | 880     | —   | »     | 200 | Воздух    | 786  | 980  | 9  | 8 | В | У | У |
|        |         |     |       |     | или масло |      |      |    |   |   |   |   |
| 27ХГР  | 870     | —   | »     | 200 | Воздух    | 1178 | 1375 | 8  | 6 | В | У | У |
| 25ХГТ  | 880—950 | 850 | »     | 200 | Вода      | 1080 | 1470 | 10 | 7 | У | У | У |
|        | воздух  |     |       |     | или масло |      |      |    |   |   |   |   |
| 30ХГТ  | 880—850 | 850 | »     | 200 | То же     | 1280 | 1470 | 9  | 6 | — | — | — |
|        | воздух  |     |       |     |           |      |      |    |   |   |   |   |
| 40ХГТР | 840     | —   | »     | 550 | »         | 786  | 980  | 11 | 8 | В | У | У |
| 35ХГФ  | 870     | —   | »     | 630 | »         | 786  | 980  | 11 | 8 | — | — | — |
| 20ХГМ  | 860     | —   | »     | 200 | Воздух    | 1080 | 1178 | 10 | 8 | — | — | — |

## Хромокремнистые стали

|      |     |   |           |     |           |      |      |    |     |   |   |   |
|------|-----|---|-----------|-----|-----------|------|------|----|-----|---|---|---|
| 33ХС | 920 | — | Вода      | 630 | Вода      | 686  | 884  | 13 | 8   | У | У | У |
|      |     |   | или масло |     | или масло |      |      |    |     |   |   |   |
| 38ХС | 900 | — | Масло     | 630 | Масло     | 735  | 932  | 12 | 7   | У | У | У |
| 40ХС | 800 | — | »         | 540 | »         | 1080 | 1225 | 12 | 3,5 | У | У | У |

| Марка<br>стали                                     | Термическая обработка                    |                   |                     |                    |                     | Механические<br>свойства |                  |              |                           | Технологи-<br>ческие свойства |               |                                                       |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------------|------------------|--------------|---------------------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------|
|                                                    | Закалка                                  |                   |                     | Отпуск             |                     | $\sigma_T$ , МПа         | $\sigma_B$ , МПа | $\delta$ , % | $a_H$ , Дж/м <sup>2</sup> | Обрабатываемость<br>резанием  | Свариваемость | Пластичность при<br>холодной обработ-<br>ке давлением |
|                                                    | Температура, °С                          |                   | Среда<br>охлаждения | Температура,<br>°С | Среда<br>охлаждения |                          |                  |              |                           |                               |               |                                                       |
|                                                    | первой<br>заковки<br>(норма-<br>лизации) | второй<br>заковки |                     |                    |                     |                          |                  |              |                           |                               |               |                                                       |
| Хромомолибденовые и хромомолибденованадиевые стали |                                          |                   |                     |                    |                     |                          |                  |              |                           |                               |               |                                                       |
| 15ХМ                                               | 880                                      | —                 | Воздух              | 650                | Воздух              | 275                      | 441              | 21           | 12                        | —                             | В             | В                                                     |
| 20ХМ                                               | 880                                      | —                 | Вода                | 500                | »                   | 638                      | 786              | 12           | 9                         | В                             | У             | У                                                     |
| 30ХМ                                               | 880                                      | —                 | или масло           |                    |                     |                          |                  |              |                           |                               |               |                                                       |
|                                                    |                                          |                   | Масло               | 540                | Вода                | 735                      | 932              | 11           | 8                         | В                             | Н             | У                                                     |
| 30ХМА                                              | 880                                      | —                 | »                   | 540                | или масло           | 735                      | 932              | 12           | 9                         | В                             | Н             | У                                                     |
|                                                    |                                          |                   |                     |                    | То же               |                          |                  |              |                           |                               |               |                                                       |
| 35ХМ                                               | 880                                      | —                 | »                   | 550                | »                   | 835                      | 932              | 12           | 8                         | В                             | Н             | У                                                     |
| 38ХМ                                               | 850                                      | —                 | »                   | 580                | Воздух              | 884                      | 980              | 11           | 7                         | В                             | Н             | У                                                     |
| 30ХЗМФ                                             | 870                                      | —                 | »                   | 620                | Вода                | 835                      | 980              | 12           | 10                        | В                             | Н             | У                                                     |
|                                                    |                                          |                   |                     |                    | или масло           |                          |                  |              |                           |                               |               |                                                       |
| 40ХМФА                                             | 860                                      | —                 | »                   | 580                | Масло               | 932                      | 1030             | 13           | 9                         | В                             | Н             | У                                                     |
| Хромованадиевые стали                              |                                          |                   |                     |                    |                     |                          |                  |              |                           |                               |               |                                                       |
| 15ХФ                                               | 880                                      | 760—810           | Вода                | 180                | Воздух              | 540                      | 735              | 13           | 8                         | У                             | У             | У                                                     |
|                                                    |                                          |                   | или масло           |                    | или масло           |                          |                  |              |                           |                               |               |                                                       |
| 40ХФА                                              | 880                                      | —                 | Масло               | 650                | Вода                | 735                      | 884              | 10           | 9                         | —                             | Н             | У                                                     |
|                                                    |                                          |                   |                     |                    | или масло           |                          |                  |              |                           |                               |               |                                                       |

# Никельмолибденовые стали

|       |     |         |       |     |        |     |     |    |   |   |   |   |
|-------|-----|---------|-------|-----|--------|-----|-----|----|---|---|---|---|
| 15Н2М | 860 | 770—820 | Масло | 180 | Воздух | 638 | 835 | 11 | 8 | — | — | — |
| 20Н2М | 860 | —       | »     | 180 | »      | 686 | 884 | 10 | 8 | — | — | — |

## Хромоникелевые и хромоникелевые стали с бором

|         |                        |         |                   |     |                     |      |      |    |    |   |   |   |
|---------|------------------------|---------|-------------------|-----|---------------------|------|------|----|----|---|---|---|
| 20ХН    | 860                    | 760—810 | Вода<br>или масло | 180 | Вода<br>или масло   | 588  | 786  | 14 | 8  | В | У | У |
| 40ХН    | 820                    | —       | То же             | 500 | То же               | 588  | 980  | 11 | 7  | У | Н | У |
| 45ХН    | 820                    | —       | »                 | 530 | »                   | 835  | 1030 | 10 | 7  | В | Н | Н |
| 50ХН    | 820                    | —       | »                 | 530 | »                   | 884  | 1080 | 9  | 5  | В | Н | Н |
| 20ХНГ   | 930—<br>950,<br>воздух | 780—830 | Масло             | 200 | Воздух<br>или масло | 980  | 1178 | 10 | 9  | В | У | У |
| 12ХН2   | 860                    | 760—810 | Вода<br>или масло | 180 | То же               | 588  | 786  | 12 | 9  | В | У | У |
| 12ХН3А  | 860                    | 760—810 | То же             | 180 | »                   | 686  | 932  | 11 | 9  | В | У | У |
| 20ХН3А  | 820                    | —       | Масло             | 500 | Вода<br>или масло   | 735  | 932  | 12 | 11 | В | У | У |
| 12Х2Н4А | 860                    | 760—800 | »                 | 180 | Воздух<br>или масло | 532  | 1128 | 10 | 9  | В | У | У |
| 20Х2Н4А | 860                    | 780     | »                 | 180 | То же               | 1080 | 1280 | 9  | 8  | В | У | У |
| 30ХН3А  | 820                    | —       | »                 | 530 | Вода<br>или масло   | 786  | 980  | 10 | 8  | В | Н | Н |

## Хромокремнемарганцовые и хромокремнемарганцевоникелевые стали

|          |               |     |       |     |                     |      |      |    |     |   |   |   |
|----------|---------------|-----|-------|-----|---------------------|------|------|----|-----|---|---|---|
| 20ХГСА   | 880           | —   | Масло | 500 | Вода<br>или масло   | 638  | 786  | 12 | 7   | В | В | В |
| 25ХГСА   | 880           | —   | »     | 480 | То же               | 835  | 1080 | 10 | 6   | В | В | В |
| 30ХГС    | 880           | —   | »     | 540 | »                   | 835  | 1080 | 10 | 4,5 | У | В | У |
| 30ХГСА   | 880           | —   | »     | 540 | »                   | 835  | 1080 | 10 | 5   | У | В | У |
| 35ХГСА   | 700           | 890 | »     | 230 | Воздух<br>или масло | 1280 | 1616 | 9  | 4   | Н | В | У |
| 30ХГСН2А | воздух<br>900 | —   | »     | 260 | То же               | 1375 | 1616 | 9  | 6   | — | — | — |

| Марка<br>стали | Термическая обработка                    |                   |                     |                    |                     | Механические<br>свойства |                  |                |                    | Технологи-<br>ческие свойства |               |                                                       |
|----------------|------------------------------------------|-------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------------|------------------|----------------|--------------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------|
|                | Закалка                                  |                   |                     | Отпуск             |                     | $\sigma_T$ , МПа         | $\sigma_B$ , МПа | $\delta_5$ , % | $\alpha_H$ , Дж/м² | Обрабатываемость<br>резанием  | Свариваемость | Пластичность при<br>холодной обработ-<br>ке давлением |
|                | Температура, °С                          |                   | Среда<br>охлаждения | Температура,<br>°С | Среда<br>охлаждения |                          |                  |                |                    |                               |               |                                                       |
|                | первой<br>закалки<br>(норма-<br>лизации) | второй<br>закалки |                     |                    |                     |                          |                  |                |                    |                               |               |                                                       |

**Стали хромомарганцевоникелевые и хромомарганцевоникелевые с титаном и бором**

|          |               |         |       |     |                     |      |      |    |    |   |   |   |
|----------|---------------|---------|-------|-----|---------------------|------|------|----|----|---|---|---|
| 15XГН2ТА | 960<br>воздух | 840     | Масло | 180 | Воздух<br>или масло | 735  | 932  | 11 | 10 | — | — | — |
| 20XГНР   | 930—950       | 780—830 | »     | 200 | То же               | 1080 | 1280 | 10 | 9  | — | — | — |
| 20XГНТР  | 850           | —       | »     | 200 | Масло               | 980  | 1178 | 9  | 8  | — | — | — |
| 38XГН    | 850           | —       | »     | 570 | Вода<br>или масло   | 686  | 786  | 12 | 10 | — | — | — |

**Хромоникельмолибденовые стали**

|          |     |     |       |     |                   |     |     |    |   |   |   |   |
|----------|-----|-----|-------|-----|-------------------|-----|-----|----|---|---|---|---|
| 14X2Н3МА | 880 | 770 | Масло | 180 | Воздух            | 884 | 980 | 10 | 8 | — | — | — |
| 20ХН2М   | 860 | 780 | »     | 200 | Вода<br>или масло | 686 | 884 | 11 | 8 | — | — | — |
| 30ХН2МА  | 860 | —   | »     | 530 | Воздух            | 786 | 980 | 10 | 8 | — | — | — |

|          |        |     |        |     |                     |     |      |    |    |   |   |   |
|----------|--------|-----|--------|-----|---------------------|-----|------|----|----|---|---|---|
| 38X2H2MA | 870    | —   | »      | 580 | Воздух<br>или масло | 932 | 1080 | 12 | 8  | — | — | — |
| 40XH2MA  | 870    | —   | »      | 860 | То же               | 932 | 1080 | 12 | 8  | В | Н | Н |
| 42X2H2MA | 870    | —   | »      | 600 | »                   | 932 | 1080 | 10 | 8  | — | — | — |
| 38XH3MA  | 850    | —   | »      | 590 | Воздух              | 980 | 1080 | 12 | 8  | — | — | — |
| 18X2H4MA | 950    | 860 | Воздух | 200 | Воздух              | 835 | 1128 | 12 | 10 | — | — | — |
|          | воздух |     |        | 550 | или масло           | 784 | 1029 | 12 | 12 | У | У | Н |
| 25X2H4MA | 850    | —   | Масло  | 560 | Масло               | 932 | 1080 | 11 | 9  | У | У | Н |

## Хромоникельмолибденованадиевые и хромоникельванадиевые стали

|           |     |   |       |     |        |      |      |    |    |   |   |   |
|-----------|-----|---|-------|-----|--------|------|------|----|----|---|---|---|
| 30XH2MΦA  | 860 | — | Масло | 680 | Воздух | 786  | 884  | 10 | 9  | — | — | — |
| 36X2H2MΦA | 850 | — | »     | 600 | »      | 1080 | 1178 | 12 | 8  | — | — | — |
| 38XH3MΦA  | 850 | — | »     | 600 | »      | 1080 | 1178 | 12 | 8  | — | — | — |
| 45XH2MΦA  | 860 | — | »     | 460 | Масло  | 1280 | 1422 | 7  | 4  | — | — | — |
| 20XH4ΦA   | 850 | — | »     | 630 | Вода   | 686  | 884  | 12 | 10 | — | — | — |

## Стали хромоалюминиевые и хромоалюминиевые с молибденом

|         |     |   |                   |     |                   |     |     |    |   |   |   |   |
|---------|-----|---|-------------------|-----|-------------------|-----|-----|----|---|---|---|---|
| 38X2Ю   | 930 | — | Вода<br>или масло | 630 | Вода<br>или масло | 735 | 884 | 10 | 8 | — | — | — |
| 38X2MHA | 940 | — | То же             | 640 | »                 | 835 | 980 | 14 | 9 | — | — | — |



# 17. Механические, физические и технологические свойства качественной углеродистой конструкционной стали

| Марка | Механические свойства |            |              |                       |        | Физические свойства     |                                               |                                       | Технологические свойства  |               |                                            |                                     |
|-------|-----------------------|------------|--------------|-----------------------|--------|-------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|
|       | $\sigma_T$            | $\sigma_B$ | $\delta, \%$ | $a_H, \text{Дж/см}^2$ | НВ     | $\gamma, \text{г/см}^3$ | $\lambda, \text{Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$ | $\alpha \cdot 10^6, 1/^\circ\text{C}$ | Обрабатываемость резанием | Свариваемость | Интервал температурковки, $^\circ\text{C}$ | Пластичность при холодной обработке |
|       |                       |            |              |                       |        |                         |                                               |                                       |                           |               |                                            |                                     |
| 08    | 196                   | 324        | 33           | —                     | 126 *1 | 7,83                    | 811                                           | 11,6                                  | В                         | ВВ            | 800—1300                                   | ВВ                                  |
| 10    | 206                   | 321        | 31           | —                     | 140 *1 | 7,83                    | 811                                           | 11,6                                  | В                         | ВВ            | 800—1300                                   | ВВ                                  |
| 15    | 225                   | 373        | 27           | —                     | 145 *1 | 7,82                    | 770                                           | 11,9                                  | В                         | ВВ            | 800—1250                                   | ВВ                                  |
| 20    | 245                   | 412        | 25           | —                     | 159 *1 | 7,82                    | 770                                           | 11,1                                  | В                         | ВВ            | 800—1280                                   | В                                   |
| 25    | 274                   | 451        | 23           | 88                    | 166 *1 | 7,82                    | 732                                           | 11,1                                  | В                         | ВВ            | 800—1280                                   | В                                   |
| 30    | 294                   | 490        | 21           | 78                    | 175 *  | 7,817                   | 732                                           | 12,6                                  | В                         | В             | 800—1250                                   | В                                   |
| 35    | 314                   | 529        | 20           | 69                    | 203 *1 | 7,817                   | 732                                           | 11,09                                 | В                         | В             | 800—1250                                   | В                                   |
| 40    | 321                   | 568        | 19           | 59                    | 183 *2 | 7,815                   | 596                                           | 12,4                                  | В                         | У             | 800—1250                                   | У                                   |
| 45    | 363                   | 598        | 16           | 49                    | 193 *2 | 7,814                   | 680                                           | 11,649                                | В                         | У             | 800—1250                                   | У                                   |
| 50    | 373                   | 627        | 14           | 38                    | 203 *2 | 7,811                   | 680                                           | 12,0                                  | У                         | У             | 800—1250                                   | У                                   |
| 55    | 382                   | 647        | 13           | —                     | 212 *2 | 7,82                    | 680                                           | 11,0                                  | У                         | Н             | 800—1250                                   | Н                                   |
| 60    | 402                   | 676        | 12           | —                     | 224 *2 | 7,80                    | 680                                           | 11,1                                  | У                         | Н             | 800—1240                                   | Н                                   |

\*1 Для горячекатаной стали. \*2 Для отожженной стали.

\*1 Для горячекатаной стали. \*2 Для отожженной стали.

химической коррозии; межкристаллитной коррозии, коррозии под напряжением и др.;

II) жаростойкие (окалиностойкие) стали и сплавы, обладающие стойкостью против химического разрушения в газовых средах при температуре выше  $50^\circ\text{C}$ , работающие в ненагруженном и слабонагруженном состоянии;

III) жаропрочные стали и сплавы, работающие в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определенного времени и обладающие при этом достаточной жаростойкостью.

Электротехническую тонколистовую сталь (табл. 20, 28) разделяют: а) по структурному состоянию и виду прокатки на классы: 1 — горячекатаная изотропная; 2 — холоднокатаная изотропная; 3 — холоднокатаная анизотропная с ребровой текстурой; б) по содержанию кремния: 0 — до 0,4 %; 1 — св. 0,4 до 0,8 %; 2 — св. 0,8 до 1,8 %; 3 — св. 1,8 до 2,8 %; 4 — св. 2,8 до 3,8 %;

# 18. Механические и технологические свойства некоторых специальных сталей

| Марка                                                                                  | Механические свойства |            |              |                            |         | Технологические свойства  |               |                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------|--------------|----------------------------|---------|---------------------------|---------------|-------------------------------------|
|                                                                                        | $\sigma_T$            | $\sigma_B$ | $\delta, \%$ | $\alpha_B, \text{кДж/м}^2$ | НВ      | Обрабатываемость резанием | Свариваемость | Пластичность при холодной обработке |
|                                                                                        | МПа                   |            |              |                            |         |                           |               |                                     |
| Подшипниковые стали (ГОСТ 801—60)                                                      |                       |            |              |                            |         |                           |               |                                     |
| ШХ4                                                                                    | —                     | —          | —            | —                          | 105—212 | —                         | —             | —                                   |
| ШХ15                                                                                   | 410                   | 715        | 21           | 4,4                        | 175—212 | У                         | Н             | У                                   |
| ШХ15СГ                                                                                 | 410                   | 715        | 15—25        | —                          | —       | У                         | Н             | У                                   |
| Стали конструкционные повышенной и высокой обрабатываемости резанием *1 (ГОСТ 1414—75) |                       |            |              |                            |         |                           |               |                                     |
| A12                                                                                    | 284                   | 441—560    | 22           | —                          | 157     | ВВ                        | В             | У                                   |
|                                                                                        | —                     | 510—784    | 7            |                            | 164—213 |                           |               |                                     |
| A20                                                                                    | —                     | 451—600    | 20           | —                          | 165     | В                         | —             | —                                   |
|                                                                                        |                       | 530—784    | 7            |                            | 164—213 |                           |               |                                     |
| A30                                                                                    | —                     | 510—600    | 15           | —                          | 183     | В                         | —             | —                                   |
|                                                                                        |                       | 539—821    | 6            |                            | 178—213 |                           |               |                                     |
| A40Г                                                                                   | —                     | 586—736    | 14           | —                          | 203     | В                         | —             | —                                   |
|                                                                                        |                       | 586—784    | 17           |                            | 176—225 |                           |               |                                     |
| Коррозионно-стойкие стали (ГОСТ 5632—72)                                               |                       |            |              |                            |         |                           |               |                                     |
| 12Х13                                                                                  | 415                   | 588        | 20           | 9                          | 114—177 | У                         | Н             | В                                   |
| 20Х13                                                                                  | 441                   | 647        | 16           | 8                          | 124—196 | У                         | Н             | У                                   |
| 08Х13                                                                                  | 245                   | 431        | 23           | 7                          | —       | У                         | Н             | Н                                   |
| 20Х23Н13                                                                               | —                     | 478        | 35           | 7                          | —       | —                         | —             | —                                   |
| 12Х18Н9                                                                                | 216                   | 528        | 38           | —                          | —       | У                         | У             | У                                   |
| 17Х18Н9                                                                                | 260                   | 588        | 35           | —                          | —       | Н                         | В             | В                                   |
| 12Х18Н9Т                                                                               | 216                   | 532        | 38           | —                          | 137—165 | Н                         | В             | В                                   |
| 12Х18Н10Т                                                                              | 285                   | 528        | 38           | —                          | —       | Н                         | В             | У                                   |
| Углеродистые инструментальные стали (ГОСТ 1435—74)                                     |                       |            |              |                            |         |                           |               |                                     |
| У7А                                                                                    | —                     | 630        | 21           | —                          | 63 *    | —                         | —             | —                                   |
| У8А                                                                                    | —                     | 590        | —            | —                          | 63 *    | —                         | —             | —                                   |

\*1 В числителе данные для горячекатаной, а в знаменателе — для холоднокатаной стали.

Продолжение табл. 18

| Марка | Механические свойства |            |              |                            |      | Технологические свойства  |               |                                     |
|-------|-----------------------|------------|--------------|----------------------------|------|---------------------------|---------------|-------------------------------------|
|       | $\sigma_T$            | $\sigma_B$ | $\delta, \%$ | $\alpha_H, \text{кДж/м}^2$ | НВ   | Обрабатываемость резанием | Свариваемость | Пластичность при холодной обработке |
|       | МПа                   |            |              |                            |      |                           |               |                                     |
| У10А  | —                     | 590        | 23           | —                          | 63 * | —                         | —             | —                                   |
| У11А  | —                     | —          | —            | —                          | 63 * | —                         | —             | —                                   |
| У12А  | —                     | 640        | 28           | —                          | 64 * | —                         | —             | —                                   |
| У13А  | —                     | —          | —            | —                          | 64 * | —                         | —             | —                                   |

\* Указана твердость HRC<sub>0</sub>.

**19. Свойства и рекомендуемые режимы термической обработки рессорно-пружинной стали (ГОСТ 14959—79)**

| Марка стали | Режим термической обработки |                  |                         | Механические свойства |            |          |        |
|-------------|-----------------------------|------------------|-------------------------|-----------------------|------------|----------|--------|
|             | Температура закалки, °С     | Закалочная среда | Температура отпуска, °С | $\sigma_T$            | $\sigma_B$ | $\delta$ | $\psi$ |
|             |                             |                  |                         | МПа                   |            | %        |        |
| 65          | 830                         | Масло            | 470                     | 785                   | 981        | 10       | 35     |
| 70          | 830                         | »                | 470                     | 834                   | 1030       | 9        | 30     |
| 75          | 820                         | »                | 470                     | 883                   | 1079       | 9        | 30     |
| 80          | 820                         | »                | 470                     | 932                   | 1079       | 8        | 30     |
| 85          | 820                         | »                | 470                     | 981                   | 1128       | 8        | 30     |
| 60Г         | 830                         | »                | 470                     | 785                   | 981        | 8        | 30     |
| 66Г         | 830                         | »                | 470                     | 785                   | 981        | 8        | 30     |
| 70Г         | 830                         | »                | 470                     | 834                   | 1030       | 7        | 25     |
| 55С2, 55С2А | 870                         | Масло или вода   | 470                     | 1177                  | 1275       | 6        | 30     |
| 60С2        | 870                         | Масло            | 470                     | 1177                  | 1275       | 6        | 25     |
| 70С3А       | 850                         | »                | 470                     | 1471                  | 1668       | 6        | 25     |
| 60С2Г       | 870                         | »                | 470                     | 1324                  | 1471       | 6        | 25     |
| 50ХГ, 50ХГА | 850                         | »                | 470                     | 1177                  | 1275       | 7        | 35     |
| 55ХГР       | 850                         | »                | 470                     | 1177                  | 1275       | 7        | 35     |

Продолжение табл. 19

| Марка стали | Режим термической обработки |                  |                         | Механические свойства |            |          |        |
|-------------|-----------------------------|------------------|-------------------------|-----------------------|------------|----------|--------|
|             | Температура закалки, °C     | Закалочная среда | Температура отпуска, °C | $\sigma_T$            | $\sigma_B$ | $\delta$ | $\psi$ |
|             |                             |                  |                         | МПа                   |            | %        |        |
| 60C2A       | 870                         | Масло            | 420                     | 1373                  | 1570       | 6        | 20     |
| 50XФА       | 850                         | »                | 470                     | 1079                  | 1275       | 8        | 35     |
| 50XГФА      | 850                         | »                | 470                     | 1324                  | 1422       | 6        | 35     |
| 55C2ГФ      | 870                         | »                | 470                     | 1373                  | 1570       | 6        | 25     |
| 60C2XA      | 870                         | »                | 470                     | 1324                  | 1471       | 6        | 25     |
| 60C2XФА     | 870                         | »                | 470                     | 1471                  | 1668       | 6        | 25     |
| 65C2BA      | 850                         | »                | 420                     | 1666                  | 1862       | 5        | 20     |
| 60C2H2A     | 870                         | »                | 470                     | 1324                  | 1471       | 8        | 30     |

20. Магнитные свойства электротехнических сталей  
(ГОСТ 21427.0—75 ÷ ГОСТ 21427.3—75)

| Марка | Голщина листа, мм | Удельные потери, Вт/кг, не более |              | Магнитная индукция, Тл, при напряженности магнитного поля, А/м, не менее |      |      |        |        |
|-------|-------------------|----------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------|------|------|--------|--------|
|       |                   | $P_{1,0/50}$                     | $P_{1,5/50}$ | 1000                                                                     | 2500 | 5000 | 10 000 | 30 000 |
| 1211  | 1,00              | 5,4                              | 12,5         | —                                                                        | 1,53 | 1,62 | 1,76   | 2,00   |
|       | 0,65              | 3,4                              | 8,0          | —                                                                        | 1,50 | 1,62 | 1,75   | 1,98   |
|       | 0,50              | 3,1                              | 7,2          | —                                                                        | 1,50 | 1,62 | 1,75   | 1,98   |
| 1311  | 0,50              | 2,5                              | 6,1          | —                                                                        | 1,48 | 1,59 | 1,73   | 1,95   |
|       | 0,50              | 1,55                             | 3,5          | —                                                                        | 1,48 | 1,59 | 1,73   | 1,94   |
| 1413  | 0,35              | 1,35                             | 3,0          | —                                                                        | 1,48 | 1,59 | 1,73   | 1,94   |
|       | 0,50              | 1,15                             | 2,7          | 1,29                                                                     | 1,44 | 1,55 | 1,69   | 1,89   |
|       | 0,35              | 0,90                             | 2,2          | 1,29                                                                     | 1,44 | 1,55 | 1,69   | 1,89   |
| 2011  | 0,65              | 3,8                              | 9,0          | 1,48                                                                     | 1,6  | 1,7  | 1,8    | 2,02   |
|       | 0,50              | 3,5                              | 8,0          | 1,49                                                                     | 1,6  | 1,7  | 1,8    | —      |
| 2111  | 0,65              | 4,3                              | 10,0         | 1,45                                                                     | 1,58 | 1,66 | 1,75   | 2,00   |
|       | 0,50              | 3,5                              | 8,0          | 1,46                                                                     | 1,58 | 1,67 | 1,78   | 2,00   |
| 2212  | 0,65              | 2,6                              | 6,3          | 1,42                                                                     | 1,58 | 1,67 | 1,77   | 2,00   |
|       | 0,50              | 2,2                              | 5,0          | 1,42                                                                     | 1,60 | 1,68 | 1,77   | 2,00   |
| 2311  | 0,65              | 2,5                              | 5,8          | 1,36                                                                     | 1,52 | 1,62 | 1,74   | 1,96   |
|       | 0,50              | 1,9                              | 4,4          | 1,38                                                                     | 1,54 | 1,64 | 1,72   | 1,96   |
| 2412  | 0,50              | 1,30                             | 3,1          | 1,35                                                                     | 1,50 | 1,60 | 1,70   | 1,95   |
|       | 0,35              | 1,15                             | 2,5          | 1,35                                                                     | 1,50 | 1,60 | 1,70   | 1,95   |
| 3411  | 0,50              | 1,10                             | 2,45         | —                                                                        | 1,75 | —    | —      | —      |
|       | 0,35              | 0,80                             | 1,75         | —                                                                        | 1,75 | —    | —      | —      |
| 3412  | 0,50              | 0,95                             | 2,10         | —                                                                        | 1,80 | —    | —      | —      |
|       | 0,35              | 0,70                             | 1,50         | —                                                                        | 1,80 | —    | —      | —      |
| 3416  | 0,28              | —                                | 0,89         | —                                                                        | 1,30 | —    | —      | —      |

**21. Примерное назначение низколегированных  
тонколистовой и широкополосной универсальной сталей  
(ГОСТ 19282—73)**

| Марка  | Назначение                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 09Г2   | Для деталей сварных конструкций, изготавливаемых из листов. Обрабатывается резанием удовлетворительно                                                                                                                                                                                 |
| 09Г2С  | Для паровых котлов, аппаратов и емкостей, работающих под давлением при температуре $-70 \div +450^\circ\text{C}$ ; для ответственных листовых сварных конструкций в химическом и нефтяном машиностроении, судостроении. Хорошо свариваются. Обрабатываются резанием удовлетворительно |
| 10ХСНД | Для сварных конструкций химического машиностроения, фасонных профилей в судостроении, вагоностроении                                                                                                                                                                                  |
| 15ХСНД | Для деталей вагонов, строительных свай, сложных профилей в судостроении. Обладает повышенной коррозионной стойкостью                                                                                                                                                                  |
| 15ГФ   | Для листовых сварных конструкций в вагоностроении. Обеспечивает высокое качество сварного шва. Штампуемость удовлетворительная                                                                                                                                                        |

**22. Примерное назначение легированной  
конструкционной стали**

| Марка    | Назначение                                                                                                                                                                                               |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15Х      | Пальцы поршневые, валы распределительные, толкатели, крестовины карданов, клапаны, мелкие детали, работающие в условиях износа при трении. Хорошо цементируется                                          |
| 20Х      | Кулачковые муфты, втулки, шпиндели, направляющие планки, плунжеры, оправки, копиры, шлицевые валики и др.                                                                                                |
| 40Х      | Для деталей, работающих на средних скоростях при средних давлениях (зубчатые колеса, шпиндели и валы в подшипниках качения, червячные валы)                                                              |
| 45Х, 50Х | Для крупных деталей, работающих на средних скоростях при небольших давлениях (зубчатые колеса, шпиндели, валы в подшипниках качения, червячные и шлицевые валы). Обладают высокой прочностью и вязкостью |

Продолжение табл. 22

| Марка      | Назначение                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 38ХА       | Для зубчатых колес, работающих на средних скоростях при средних давлениях                                                                                                                                                                                              |
| 45Г2, 50Г2 | Для крупных малонагруженных деталей (шпиндели, валы, зубчатые колеса тяжелых станков)                                                                                                                                                                                  |
| 18ХГТ      | Для деталей, работающих на больших скоростях при высоких давлениях и ударных нагрузках (зубчатые колеса, шпиндели, кулачковые муфты, втулки и др.)                                                                                                                     |
| 20ХГР      | Для тяжелонагруженных деталей, работающих при больших скоростях и ударных нагрузках                                                                                                                                                                                    |
| 15ХФ       | Для некрупных деталей, подвергаемых цементации и закалке с низким отпускком (зубчатые колеса, поршневые пальцы и др.)                                                                                                                                                  |
| 40ХС       | Для мелких деталей высокой прочности                                                                                                                                                                                                                                   |
| 40ХФА      | Для ответственных высокопрочных деталей, подвергаемых закалке и высокому отпуску; для средних и мелких деталей сложной конфигурации, работающих в условиях износа (рычаги, толкатели); для ответственных сварных конструкций, работающих при знакопеременных нагрузках |
| 30ХГС      | Для валов, деталей турбин и крепежа, работающих при повышенной температуре                                                                                                                                                                                             |
| 35ХМ       | Аналогично применению стали 40Х, но для деталей больших размеров                                                                                                                                                                                                       |
| 45ХН, 50ХН |                                                                                                                                                                                                                                                                        |

23. Примерное назначение коррозионно-стойких сталей и сплавов (ГОСТ 5632—72)

| Марка                           | Назначение                                                                                                                                                        |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 20Х13, 08Х13,<br>12Х13, 25Х13Н2 | Для деталей с повышенной пластичностью, подвергающихся ударным нагрузкам; деталей, работающих в слабоагрессивных средах                                           |
| 30Х13, 40Х13,<br>08Х18Т1        | Для деталей с повышенной твердостью; режущий, измерительный, хирургический инструмент, клапанные пластины компрессоров и др. (у стали 08Х18Т1 лучше штампуемость) |
| 06ХН28МТ                        | Для сварных конструкций, работающих в среднеагрессивных средах (горячая фосфорная кислота, серная кислота до 10 % и др.)                                          |

Продолжение табл. 23

| Марка                                                                                                | Назначение                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14X17H2                                                                                              | Для различных деталей химической и авиационной промышленности. Обладает высокими технологическими свойствами                                                           |
| 95X18                                                                                                | Для деталей высокой твердости, работающих в условиях износа                                                                                                            |
| 08X17T                                                                                               | Рекомендуется в качестве заменителя стали 12X18H10T для конструкций, не подвергающихся ударным воздействиям при температуре эксплуатации не ниже $-20^{\circ}\text{C}$ |
| 15X25T, 15X28                                                                                        | Аналогично стали 08X17T, но для деталей, работающих в более агрессивных средах при температурах от $-20$ до $400^{\circ}\text{C}$ (15X28 — для спаев со стеклом)       |
| 20X13H4Г9,<br>10X14АГ15,<br>10X14Г14Н3                                                               | Заменитель сталей 12X18H9, 17X18H9 для сварных конструкций                                                                                                             |
| 09X15H8Ю,<br>07X16H6                                                                                 | Для высокопрочных изделий, упругих элементов; сталь 09X15H8Ю — для уксусно-кислых и солевых сред                                                                       |
| 08X17H5M3                                                                                            | Для деталей, работающих в сернокислых средах                                                                                                                           |
| 20X17H2                                                                                              | Для высокопрочных тяжело нагруженных деталей, работающих на истирание и удар в слабоагрессивных средах                                                                 |
| 10X14Г14Н4Т                                                                                          | Заменитель стали 12X18H10T для деталей, работающих в слабоагрессивных средах, а также при температурах до $196^{\circ}\text{C}$                                        |
| 12X17Г9АН4,<br>15X17АГ14                                                                             | Для деталей, работающих в атмосферных условиях (заменитель сталей 12X18H9, 12X18H10T)                                                                                  |
| 03X16H15M3Б,<br>03X16H15M3                                                                           | Для сварных конструкций, работающих в кипящей фосфорной, серной, 10 %-ной уксусной кислоте                                                                             |
| 15X18H12C4ТЮ                                                                                         | Для сварных изделий, работающих в воздушной и агрессивной средах, в концентрированной азотной кислоте                                                                  |
| 08X10H20T2                                                                                           | Немагнитная сталь для деталей, работающих в морской воде                                                                                                               |
| 04X18H10,<br>03X18H11,<br>03X18H12,<br>08X18H10,<br>12X18H9,<br>12X18H12Т,<br>08X18H12Т,<br>06X18H11 | Для деталей, работающих в азотной кислоте при повышенных температурах                                                                                                  |

Продолжение табл. 23

| Марка                                              | Назначение                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12X18H10T,<br>12X18H9T,<br>06XH28MДТ,<br>03XH28MДТ | Для сварных конструкций в разных отраслях промышленности<br>Для сварных конструкций, работающих при температуре до 80 °С в серной кислоте различных концентраций (не рекомендуются 55 %-ная уксусная и фосфорная кислоты) |
| 09X16H4Б                                           | Для высокопрочных штамповарных конструкций и деталей, работающих в контакте с агрессивными средами                                                                                                                        |
| 07X21Г7АН5                                         | Для сварных конструкций, работающих при температурах до —253 °С и в средах средней агрессивности                                                                                                                          |
| 03X21H21M4ГБ                                       | Для сварных конструкций, работающих в горячей фосфорной кислоте, серной кислоте низких концентраций при температуре не выше 80 °С, азотной кислоте при температуре до 95 °С                                               |
| XH65MB                                             | Для сварных конструкций, работающих при высоких температурах в серно- и солянокислых растворах, в уксусной кислоте                                                                                                        |
| H70MФ                                              | Для сварных конструкций, работающих при высоких температурах в соляной, серной, фосфорной кислотах и других средах восстановительного характера                                                                           |

## 24. Назначение рессорно-пружинной стали (ГОСТ 14959—79)

| Марка                              | Назначение                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 60C2,<br>60C2A                     | Для рессор из полосовой стали толщиной 3—16 мм и пружинной ленты толщиной 0,08—3 мм; для витых пружин из проволоки диаметром 3—16 мм. Обрабатываются резанием плохо. Максимальная температура эксплуатации 250 °С                 |
| 70C3A                              | Для тяжелонагруженных пружин ответственного назначения. Сталь склонна к графитизации                                                                                                                                              |
| 50XГ,<br>50XГА<br>50XФА,<br>50XГФА | Для рессор из полосовой стали толщиной 3—18 мм. Обрабатывается резанием плохо<br>Для ответственных пружин и рессор, работающих при повышенной температуре (до 300 °С); для пружин, подвергаемых многократным переменным нагрузкам |



Продолжение табл. 24

| Марка                                                                                                                                                                                                                                    | Назначение                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 60C2XA                                                                                                                                                                                                                                   | Для крупных высоконагруженных пружин и рессор ответственного назначения                                       |
| 60C2H2A,<br>65C2BA                                                                                                                                                                                                                       | Для ответственных высоконагруженных пружин и рессор, изготавливаемых из калиброванной стали и пружинной ленты |
| <p>Примечания: 1. Хромоникелевые и кремненикелевые стали менее склонны к обезуглероживанию. Наилучшее сочетание технологических и эксплуатационных свойств имеет сталь 60C2H2A.</p> <p>2. Коррозионная стойкость всех сталей низкая.</p> |                                                                                                               |

**25. Примерное назначение инструментальной легированной стали (ГОСТ 5950—73)**

| Марка    | Назначение                                                                                                                     |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7ХФ      | Для деревообрабатывающих инструментов и инструментов, работающих при ударной нагрузке                                          |
| 8ХФ, 9ХФ | Для ножей при холодной резке металлов, обрезных матриц и пуансонов при холодной обрезке заусенцев                              |
| 11ХФ     | Для метчиков и других режущих инструментов диаметром до 30 мм после закалки и охлаждения в горячих средах                      |
| 13Х      | Для хирургического и гравировального инструмента                                                                               |
| ХВ4      | Для резцов и фрез при обработке с небольшой скоростью резания                                                                  |
| 9Х1      | Для валков холодной прокатки, клейки, пробойников, холодновысадочных матриц, пуансонов                                         |
| 12Х1     | Для измерительного инструмента (плиток, калибров, шаблонов)                                                                    |
| 9ХС      | Для сверл, разверток, метчиков, плашек, гребенок, фрез                                                                         |
| ХГС      | Для валков холодной прокатки, вырубных штампов, холодновысадочных матриц и пуансонов                                           |
| ХВГ      | Для длинных измерительных и режущих инструментов, для которых коробление при закалке недопустимо; для технологической оснастки |

Продолжение табл. 25

| Марка                 | Назначение                                                                                                                                                          |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9ХВГ                  | Для резьбовых калибров, шкал, сложных и точных штампов, для холодных работ                                                                                          |
| ХВСГ                  | Для круглых плашек, разверток и др.                                                                                                                                 |
| 8Х6ХФТ                | Для деревообрабатывающих инструментов                                                                                                                               |
| 8Х4В3М3Ф2             | Для вырубного инструмента, ножей, инструмента для холодной пластической деформации                                                                                  |
| Х6ВФ                  | Для резбонакатного инструмента, матриц, пуансонов, зубонакатников, фрез при обработке дерева                                                                        |
| Х12, Х12ВМ            | Для холодных штампов высокой стойкости против истирания, гибочных и вырубных штампов, волоков, калибровочных глазков                                                |
| Х12М, Х12Ф1           | Аналогично стали Х12, но в случаях, когда требуется большая вязкость                                                                                                |
| 7ХГ2ВМ                | Для штампов обычного холодного деформирования, вырубного инструмента сложной формы в производстве изделий из малопрочных материалов                                 |
| 6Х6В3МФС              | Для инструментов холодной пластической деформации, металлов повышенной твердости, резбонакатников, труборазрубочных машин, шарошек и др.                            |
| 3Х3М3Ф                | Для инструмента горячего деформирования литевых форм для медных сплавов                                                                                             |
| 4Х2В5МФ               | Для тяжелонагруженного прессового инструмента при горячем деформировании легированных и жаропрочных сталей                                                          |
| 4Х2В2МФС,<br>5Х3В3МФС | Аналогично стали 4Х2В5МФ, но в тех случаях, когда требуется большая теплостойкость                                                                                  |
| 4ХС                   | Для зубил, обжимок, ножниц, при горячей и холодной резке металла, штампов горячей вытяжки                                                                           |
| 6ХС, 4ХВ2С            | Для пневматических зубил, рубильных ножей, небольших штампов холодной штамповки                                                                                     |
| 5ХВ2С                 | Для резбонакатных плашек, ножей для холодной резки металлов, пуансонов и обжимных матриц                                                                            |
| 7Х3, 8Х3              | Для инструмента горячей высадки крепежа и заготовок из углеродистых и низколегированных сталей, деталей штампов горячего прессования и выдавливания этих материалов |
| 5ХНМ                  | Для молотовых штампов с массой падающих частей свыше 3 т, скоростных штампов при горячем деформировании цветных металлов, прессовых штампов                         |

Продолжение табл. 25

| Марка                    | Назначение                                                                                                                                                                         |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5ХВН,<br>5ХНВС,<br>5ХГМ, | Аналогично стали 5ХНМ для молотовых штампов                                                                                                                                        |
| 4ХМФС,<br>4Х5МФС         | Для мелких молотовых штампов, крупных молотовых и прессовых вставок при горячем деформировании конструкционных сталей и цветных сплавов                                            |
| 4Х5В2ФС,<br>4Х5МФ1С      | Для литевых форм при изготовлении деталей из цинковых, магниевых и алюминиевых сплавов, молотовых и прессовых вставок, для горячего деформирования сталей, инструмента для высадки |
| 4Х3ВМФ                   | Для мелких молотовых штампов, инструмента высокоскоростной штамповки                                                                                                               |
| 4Х4ВМФС                  | Для литевых форм при изготовлении деталей из медных сплавов и для инструмента, изготовляемого из сталей 4Х5В2ФС, 4Х5МФ1С, 4Х3ВМФ, когда требуется большая теплостойкость           |

**26. Примерное назначение инструментальной быстрорежущей стали (ГОСТ 19265—73)**

| Марка                         | Назначение, технологические свойства                                                                                         |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| P9                            | Для инструментов простой формы при обработке конструкционных материалов. Шлифуемость пониженная                              |
| P6M5                          | Предпочтительна для резьбонарезного инструмента, работающего с ударными нагрузками. Шлифуемость удовлетворительная           |
| P18K5Ф2,<br>P9M4K8,<br>P6M5K5 | Для обработки высокопрочных коррозионно-стойких и жаропрочных сталей и сплавов в условиях повышенного нагрева режущей кромки |
| P9K5                          | Для обработки материалов повышенной твердости и вязкости. Пригодна для работы с ударом. Шлифуемость пониженная               |

### 27. Назначение конструкционной стали повышенной и высокой обрабатываемости резанием

| Марка                                                                                                                  | Назначение                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A12, A20                                                                                                               | Для сложнопрофильных мелких деталей, к которым предъявляются повышенные требования по качеству обработанной поверхности (зубчатые колеса, винты, гайки, оси, шпильки, кольца). Сталь A20 рекомендуется для деталей, подвергаемых цементации и цианированию |
| A30, A40Г                                                                                                              | Для труднообрабатываемых деталей, работающих при высоких нагрузках                                                                                                                                                                                         |
| <p>Примечания: 1. Для сварных конструкций сталь не применяют.</p> <p>2. Коррозионная стойкость всех сталей низкая.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                            |

### 28. Назначение электротехнической тонколистовой стали

| Марка                   | Назначение                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1211, 1212, 1213, 22110 | Для якорей и полюсов электрических машин постоянного тока, для роторов и статоров асинхронных двигателей промышленной частоты мощностью до 100 кВт, для магнитопроводов приборов. Пластичность высокая |
| 1311, 1312              | Для роторов и статоров асинхронных двигателей мощностью от 100 до 400 кВт. Пластичность хорошая                                                                                                        |
| 1411, 1412, 2411        | Для роторов и статоров асинхронных двигателей мощностью 400—1000 кВт, маломощных силовых трансформаторов, для двигателей повышенной частоты. Пластичность удовлетворительная                           |

5 — св. 3,8 до 4,8 %; химический состав стали не нормируется; в) по основной нормируемой характеристике на группы: 0 — удельные потери при магнитной индукции 1,7 Тл и частоте 50 Гц ( $P_{1,7/50}$ ); 1 — удельные потери при магнитной индукции 1,5 Тл и частоте 50 Гц ( $P_{1,5/50}$ ); 2 — удельные потери при магнитной индукции 1,0 Тл и частоте 400 Гц ( $P_{1,0/400}$ ); 6 — магнитная индукция в слабых магнитных полях при напряженности поля 0,4 А/м

( $B_{0,4}$ ); 7 — магнитная индукция в средних магнитных полях при напряженности поля 10 А/м ( $B_{10}$ ).

*Сталь легированную конструкционную* в зависимости от химического состава и свойств делят на качественную, высококачественную А, особовысококачественную III (электрошлакового переплава). По видам обработки при поставке различают сталь горячекатаную, кованую, калиброванную, серебрянку. По назначению изготавливают прокат: а) для горячей обработки давлением и холодного волочения (подкат); б) для холодной механической обработки.

## ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

**Алюминий и его сплавы.** Алюминий обладает низким удельным электрическим сопротивлением, теплопроводностью и коррозионной стойкостью. По ГОСТ 11069—74 алюминий выпускают особой чистоты (А999 с 0,001 % примесей), высокой чистоты (А995, А99, А97, А95), технической чистоты (А85, А8, А7, А7Е, А6, А5, А5Е, А0). Кроме того, изготавливают алюминий технический деформируемый (АД0, АД00, АД00Е, АД000, АД0Е, АД1, АДС, АД).

Алюминиевые сплавы делят на деформируемые и литейные.

*Деформируемые сплавы* (табл. 29,30) выпускают на основе систем Al—Mn (АМц); Al—Mg (АМг); Al—Ag—Si (АД31 и др.); Al—Cu—Mg (Д1 и др.); Al—Cu—Si—Mg—Mn (АК6, АК8) и др.

В зависимости от химического состава *литейные алюминиевые сплавы* делят на пять групп (ГОСТ 2685—75):

1) сплавы на основе системы Al—Si (АЛ2, АЛ4, АЛ9, АЛ34 и др.); отличаются высокими литейными свойствами, удовлетворительной коррозионной стойкостью, могут длительно работать при температурах 150—200 °С;

2) сплавы на основе системы Al—Si—Cu (АЛ3, АЛ5, АЛ32, АК52М и др.); обладают пониженной коррозионной стойкостью; сплавы АЛ3 и АЛ5 отличаются повышенной жаропрочностью (рабочая температура до 270 °С);

3) сплавы на основе системы Al—Mg (АЛ8, АЛ23, АЛ21—1, АЛ27, АЛ27—1, АЛ28); обладают удовлетворительными литейными свойствами, высокой коррозион-

### 29. Физические, механические и технологические свойства алюминиевых деформируемых сплавов (ГОСТ 4784—74)

| Марка  | Механические свойства        |          |        |       | Физические свойства          |                       |                            | Технологические свойства     |               |                                         |
|--------|------------------------------|----------|--------|-------|------------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------|---------------|-----------------------------------------|
|        | $\sigma_{\text{в}}$ ,<br>МПа | $\delta$ | $\psi$ | НВ    | $\gamma$ , г/см <sup>3</sup> | $\lambda$ , Вт/(м·°C) | $\alpha \cdot 10^6$ , 1/°C | Обрабатываемость<br>резанием | Свариваемость | Пластичность при<br>обработке давлением |
|        |                              | %        |        |       |                              |                       |                            |                              |               |                                         |
| АМц    | 128                          | 23       | 70     | 29,5  | 2,73                         | 188                   | 24,0                       | Н                            | В             | ВВ                                      |
| АМг2   | 186                          | 23       | —      | 44,1  | 2,67                         | 143                   | 23,8                       | Н                            | В             | ВВ                                      |
| АМг3   | 186                          | 15       | —      | 49,0  | 2,67                         | 147                   | 23,8                       | У                            | В             | ВВ                                      |
| АМг5   | 265                          | 22       | —      | 63,3  | 2,65                         | 117                   | 24,3                       | Н                            | У             | У                                       |
| АМг6   | 295                          | 18       | —      | 78,6  | 2,63                         | 293                   | 24,0                       | Н                            | У             | Н                                       |
| АД31   | 235                          | 10       | 50     | 78,6  | 2,71                         | 188                   | 23,4                       | У *3                         | У             | У                                       |
| АД33   | 315                          | 10       | 25     | —     | 2,71                         | 143                   | 23,2                       | У                            | У             | У                                       |
| Д1 *1  | 372                          | 15       | 30     | 98,0  | 2,8                          | 117                   | 22,0                       | У                            | У             | У                                       |
| Д16 *1 | 441                          | 17       | 30     | 103,0 | 2,78                         | 117                   | 22,7                       | У                            | У             | У                                       |
| АК4 *2 | 421                          | 10       | 20—25  | 117,8 | 2,8                          | 180                   | 22,0                       | В                            | У             | Н                                       |
| АК6 *2 | 411                          | 13       | 40     | 98,0  | 2,75                         | 176                   | 21,4                       | В                            | У             | У                                       |
| АК8 *2 | 470                          | 10       | 25     | 132,2 | 2,8                          | 160                   | 25,5                       | В                            | У             | Н                                       |
| В95 *2 | 451                          | 8        | 12     | 147,0 | 2,8                          | 117                   | 3,6                        | В                            | Н             | У                                       |

\*1 Для закаленного и естественно состаренного сплава.

\*2 Для закаленного и искусственно состаренного сплава.

\*3 Свойства после упрочняющей термической обработки.

### 30. Примерное назначение алюминиевых деформируемых сплавов (ГОСТ 1131—76, ГОСТ 21488—76, ГОСТ 4784—74)

| Марка                                                            | Назначение                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| АД0, АД1<br>АМц, АМг1,<br>АМг2, АМг3<br>АД31, АД33,<br>Д1<br>Д16 | Детали с высокими пластическими свойствами<br>Сварные детали, трубопроводы, радиаторы, емкости для жидкости<br>Детали для отделки автомобилей, судов, самолетов, а также ненагруженные детали<br>Детали средней прочности, штампованные узлы, заклепки |

Продолжение табл. 30

| Марка                           | Назначение                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| В95<br>АК4<br>АК4—1<br>АК6; АК8 | Силовые элементы конструкций, деталей, каркасов, шпангоуты, тяги управления и пр.<br>Детали двигателей<br>Листы, профили, поковки<br>Детали средне- и сильнонагруженные, изготавливаемые обработкой давлением |

## 31. Назначение алюминиевых литейных сплавов

| Марка       | Назначение                                                                                                                                      |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| АЛ1         | Детали средней нагруженности, работающие при повышенных температурах (поршни, головки двигателей и др.)                                         |
| АЛ2         | Тонкостенные детали сложной конфигурации, работающие при ударных нагрузках (корпусные детали, рычаги, кронштейны, крышки и др.)                 |
| АЛ3         | Детали, не несущие больших нагрузок и работающие при повышенных температурах (крышки, кронштейны и др.)                                         |
| АЛ4         | Крупные детали сложной формы, несущие статические и ударные нагрузки (картеры и блоки цилиндров двигателей внутреннего сгорания и т. п.)        |
| АЛ5         | Крупные детали, несущие повышенные статические нагрузки (корпуса, блоки, рубашки, головки двигателей внутреннего сгорания и др.)                |
| АЛ7         | Небольшие детали простой конфигурации, несущие большие статические нагрузки (кронштейны, упоры, подвески и т. п.)                               |
| АЛ8         | Детали простой формы, работающие в агрессивных средах и несущие большие нагрузки (арматура, корпуса приборов на морских судах)                  |
| АЛ9         | Сложнопрофильные нагруженные детали, работающие в агрессивных средах и требующие сварки (корпуса насосов, редукторов, картеры двигателей и др.) |
| АЛ25        | Поршни двигателей внутреннего сгорания                                                                                                          |
| АЛ34 (ВАЛ5) | Корпусные детали, работающие под высоким давлением                                                                                              |
| АЛ27        | Детали морских судов                                                                                                                            |
| АЛ19        | Силовые и клепаные детали, работающие при температурах до 300 °С                                                                                |
| АЛ33 (ВАЛ1) | Детали, работающие при температуре до 350 °С                                                                                                    |

### 32. Физические, механические и технологические свойства литейных алюминиевых сплавов

| Марка  | $\sigma_B$ , МПа | $\delta$ , % | НВ   | $\gamma$ , г/см <sup>3</sup> | $\lambda$ , Вт/(м·°C) | $\alpha \cdot 10^6$ , 1/°C | Рекомендуемые способы литья |             | Свариваемость, способы сварки |
|--------|------------------|--------------|------|------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------|-------------------------------|
|        |                  |              |      |                              |                       |                            | Температура, °C             | Обозначение |                               |
| АЛ1    | 206              | 1,0          | 93,2 | 2,78                         | 168                   | 22,3                       | 690—770                     | З           | Хорошая, Г, А-Д               |
| АЛ2    | 147              | 2,0          | 49,0 | 2,64                         | 176                   | 21,1                       | 690—760                     | З, К, Д     | Хорошая, Г, А-Д, А-В          |
| АЛ3    | 167              | 0,5          | 63,8 | 2,70                         | 151                   | 22,1                       | 720—750                     | З, К, Д     | Удовлетворительная, Г, А-Д    |
| АЛ4    | 196              | 1,5          | 68,6 | 2,65                         | 159                   | 21,7                       | 700—760                     | К, Д, З     | Удовлетворительная, Г, А-Д    |
| АЛ5    | 157              | 0,5          | 63,8 | 2,68                         | 151                   | 23,1                       | 700—750                     | З, К, Д     | Удовлетворительная, А-Д       |
| АЛ6    | 147              | 1,0          | 44,1 | 2,70                         | 146                   | 22,9                       | 720—750                     | З, К, Д     | —                             |
| АЛ7    | 206              | 6,0          | 58,8 | 2,80                         | 138                   | 23,0                       | 700—750                     | З           | Удовлетворительная, Г, А-Д    |
| АЛ8    | 285              | 9,0          | 58,8 | 2,60                         | 84                    | 24,5                       | 680—720                     | З, К, Д     | Удовлетворительная, Г         |
| АЛ9    | 206              | 2,0          | 58,8 | 2,66                         | 151                   | 23,0                       | 690—740                     | Любые       | Хорошая, Г, А-Д               |
| АЛ11   | 245              | 1,5          | 88,4 | 2,94                         | —                     | 24,0                       | 680—750                     | З, К        | Хорошая                       |
| АЛ13   | 157              | 1,0          | 54,0 | 2,63                         | 105                   | 22,0                       | 680—730                     | З, К, Д     | Удовлетворительная            |
| АЛ34   | 295              | 3,0          | 88,4 | —                            | —                     | —                          | —                           | З, К        | —                             |
| (ВАЛ5) |                  |              |      |                              |                       |                            |                             |             |                               |
| АЛ23   | 216              | 6,0          | 58,8 | —                            | —                     | —                          | —                           | З, Д, К     | А-Д                           |
| АЛ27   | 343              | 15,0         | 13,5 | —                            | —                     | —                          | —                           | З, Д, К     | А-Д                           |
| АЛ19   | 333              | 40           | 88,4 | —                            | —                     | —                          | —                           | З           | Плохая, А-Д                   |

Способы литья: З — в песчаную форму; К — в кокиль; Д — под давлением.

Способы сварки: Г — газовая; А-Д — аргонодуговая; А-В — атомно-водородная.



## 33. Марки меди (ГОСТ 859—78)

| Марка | Содержание меди, %, не менее | Марка | Содержание меди, %, не менее | Марка | Содержание меди, %, не менее |
|-------|------------------------------|-------|------------------------------|-------|------------------------------|
| М00к  | 99,99                        | М0б   | 99,97                        | М2р   | 99,7                         |
| М0ку  | 99,97                        | М1б   | 99,95                        | М3р   | 99,5                         |
| М0к   | 99,95                        | М1    | 99,9                         | М2    | 99,7                         |
| М1к   | 99,9                         | М1р   | 99,9                         | М3    | 99,5                         |
| М00б  | 99,99                        | М1ф   | 99,85                        |       |                              |

ной стойкостью, хорошо обрабатываются резанием; рабочая температура ниже 100 °С;

4) сплавы на основе системы Al—Cu (АЛ7, АЛ19, АЛ33); обладают пониженными литейными свойствами, хорошей коррозионной стойкостью, хорошо обрабатываются резанием;

5) сплавы на основе сложных систем (АЛ1, АЛ21, АЛ24 и др.); отличаются высокой жаропрочностью, пониженной коррозионной стойкостью.

Основные свойства и примерное назначение алюминиевых литейных сплавов приведены в табл. 31 и 32.

**Медь и ее сплавы.** Медь отличается высокими теплопроводностью, электропроводностью, коррозионной стойкостью, температурой плавления, хорошо обрабатывается давлением, удовлетворительно резанием. Широко применяется в электротехнике, машино- и приборостроении. Медь по ГОСТ 859—78 (табл. 33) выпускается в виде катодов, слитков, полос, лент, труб, проволоки, поковок, листов.

**Латуни** — двойные и многокомпонентные медные сплавы, с основным легирующим элементом — цинком (табл. 34—36). По сравнению с медью обладают более высокой прочностью и коррозионной стойкостью. Простые латуни обозначают буквой Л и цифрой, показывающей содержание меди в процентах. В специальных латунях после буквы Л пишут заглавную букву дополнительных легирующих элементов и через тире после содержания меди указывают содержание легирующих элементов в процентах. Латуни разделяют на литейные и деформируемые. Латуни, за исключением свинцовосодержащих, легко поддаются обработке давлением в холодном и горя-

### 34. Свойства и назначение латуней

| Марка                                                  | Свойства                        |            |                                             |                          | Назначение                                                                                |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------|------------|---------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                        | $\sigma_{\text{в}}^{*1}$<br>МПа | НВ $^{*2}$ | $\alpha_{\text{н}}$ ,<br>кДж/м <sup>2</sup> | $\lambda$ ,<br>Вт/(м·°С) |                                                                                           |
| Двойные деформируемые латуни (ГОСТ 15527—70)           |                                 |            |                                             |                          |                                                                                           |
| Л96                                                    | 235                             | 59,0       | 22                                          | 243                      | Радиаторные и капиллярные трубки                                                          |
| Л90                                                    | 275                             | 59,0       | 18                                          | 180                      | Детали машин, приборов теплотехнической и химической аппаратуры, змеевики, сильфоны и др. |
| Л85                                                    | 295                             | 60,8       | —                                           | 151                      | Гильзы химической аппаратуры                                                              |
| Л80                                                    | 343                             | 64,0       | 16                                          | 144                      | Штампованные изделия                                                                      |
| Л70                                                    | 343                             | 64,0       | 16                                          | 124                      | Гайки, болты, детали автомобилей, конденсаторные трубы                                    |
| Л68                                                    | 343                             | 64,0       | 17                                          | 116                      | Толстостенные патрубки, гайки, детали машин                                               |
| Л63                                                    | 441                             | 67,0       | —                                           | 108                      |                                                                                           |
| Л60                                                    | 412                             | 68,6       | —                                           | 104                      |                                                                                           |
| Многокомпонентные деформируемые латуни (ГОСТ 15527—70) |                                 |            |                                             |                          |                                                                                           |
| ЛА77—2                                                 | 441                             | 54,0       | 20                                          | 116                      | Конденсаторные трубы морских судов                                                        |
| ЛАЖ60—1—1                                              | 441                             | 54,0       | —                                           | 75                       | Детали морских судов                                                                      |
| ЛАН59—3—2                                              | 540                             | 117,8      | 4,1                                         | 84                       | Детали химической аппаратуры, электромашин, морских судов                                 |
| ЛЖМц59—1—1                                             | 470                             | 93,5       | 12,0                                        | 101                      | Вкладыши подшипников, детали самолетов, морских судов                                     |
| ЛН65—5                                                 | 441                             | 64,0       | —                                           | 59                       | Манометрические и конденсаторные трубки                                                   |
| ЛМц58—2                                                | 441                             | 88,4       | 12,0                                        | 71                       | Гайки, болты, арматура, детали машин                                                      |
| ЛМцА57—3—1                                             | 490                             | 93,5       | 13,5                                        | 67                       | Детали морских и речных судов                                                             |
| ЛО90—1                                                 | 302                             | 60,0       | 7,5                                         | 126                      | Конденсаторные трубы теплотехнической аппаратуры                                          |
| ЛО70—1                                                 | 373                             | 63,8       | 12                                          | 117                      | То же                                                                                     |
| ЛО62—1                                                 | 420                             | 83,5       | 8                                           | 108                      | »                                                                                         |

| Марка                           | Свойства               |            |                                       |                        | Назначение                                                             |
|---------------------------------|------------------------|------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|                                 | $\sigma_B^{*1}$<br>МПа | НВ $^{*2}$ | $\alpha_H^{*1}$<br>кДж/м <sup>2</sup> | $\lambda$<br>Вт/(м·°С) |                                                                        |
| ЛО60—1                          | 441                    | 80,4       | 7,5                                   | 108                    | Конденсаторные трубы теплотехнической аппаратуры                       |
| ЛС63—3                          | 392                    | 54,0       | —                                     | 118                    | Детали часов, втулки                                                   |
| ЛС74—3                          | 392                    | 58,8       | —                                     | 122                    | То же                                                                  |
| ЛС64—2                          | 373                    | 58,8       | —                                     | 118                    | Полиграфические матрицы                                                |
| ЛС60—1                          | 392                    | 68,6       | —                                     | 105                    | Гайки, болты, зубчатые колеса, втулки                                  |
| ЛС59—1                          | 392                    | 78,4       | 5,0                                   | 105                    |                                                                        |
| ЛС59—1В                         | 392                    | 78,4       | —                                     | 105                    | То же                                                                  |
| ЛЖС58—1—1                       | 441                    | 83,5       | —                                     | 108                    | Детали, изготавливаемые резанием                                       |
| ЛК80—3                          | 393                    | 103,0      | 12—16                                 | 88                     | Коррозионно-стойкие детали машин                                       |
| ЛМш68—0,05                      | 363                    | 58,8       | —                                     | 114                    | Конденсаторные трубы                                                   |
| ЛАМш77—2—0,05                   | 344                    | 68,6       | —                                     | 135                    | То же                                                                  |
| ЛОМш70—1—0,05                   | 373                    | 66,8       | —                                     | 118                    | »                                                                      |
| ЛАНКМш75—2—2,5—0,5—0,5          | 582                    | —          | —                                     | 126                    | Пружины, манометрические трубы                                         |
| Литейные латуни (ГОСТ 17711—80) |                        |            |                                       |                        |                                                                        |
| ЛЦ16К4                          | 294                    | 98,0       | 12,0                                  | 84                     | Детали арматуры                                                        |
| ЛЦ23А6ЖЗМц2                     | 686                    | 156,5      | 1,38—<br>2,76                         | 51                     | Массивные червячные винты, гайки нажимных винтов                       |
| ЛЦ30А3                          | 294                    | 78,5       | 8—10                                  | 114                    | Коррозионно-стойкие детали                                             |
| ЛЦ40С                           | 215                    | 68,8       | 2,6                                   | 108                    | Литые детали арматуры, втулки, сепараторы, подшипники                  |
| ЛЦ40МцЗЖ                        | 441                    | 89,1       | 3,5                                   | 101                    | Детали ответственного назначения, работающие при температуре до 300 °С |
| ЛЦ25С2                          | 146                    | 58,8       | —                                     | 114                    | Штуцера гидросистемы автомобилей                                       |

\*1 Деформируемые латуни в мягком состоянии.

\*2 После деформации с обжатием 50 % и старения при 350 °С.

### 35. Технологические свойства деформируемой латуни (ГОСТ 15527—70)

| Марка      | Температура, °С   |         | Обрабатываемость резанием*1, % | Марка                  | Температура, °С   |           | Обрабатываемость резанием*1, % |
|------------|-------------------|---------|--------------------------------|------------------------|-------------------|-----------|--------------------------------|
|            | горячей обработки | отжига  |                                |                        | горячей обработки | отжига    |                                |
| Л96        | 700—850           | 450—600 | 20                             | ЛО60—1                 | 700—760           | 550—650   | 40                             |
| Л90        | 700—850           | 450—600 | 20                             | ЛС63—1                 | 700—780           | 600—650   | 100                            |
| Л185       | 700—850           | 500—650 | 30                             | ЛС74—3                 | 700—780           | 600—650   | 80                             |
| Л180       | 700—850           | 500—650 | 30                             | ЛС64—2                 | 700—780           | 620—670   | 90                             |
| Л170       | 700—850           | 500—650 | 30                             | ЛС60—1                 | 700—780           | 600—650   | 75                             |
| Л168       | 700—850           | 500—650 | 30                             | ЛС59—1                 | 780—820           | 600—650   | 80                             |
| Л163       | 750—880           | 500—650 | 35                             | ЛС59—1В                | 640—780           | 600—650   | 80                             |
| Л160       | 750—880           | 500—650 | 35                             | ЛЖС58—1—1              | —                 | 600—650   | 70                             |
| ЛА77—2     | 720—770           | 600—650 | 30                             | ЛК80—3                 | 30                | 750—850   | 500—600                        |
| ЛАЖ60—1—1  | 600—800           | 600—650 | 25                             | ЛМш68—0,05             | 30                | 700—850   | 500—650                        |
| ЛАН59—3—3  | 700—750           | 600—650 | 15                             | ЛАМш77—2—0,05          | 30                | 600—700   | —                              |
| ЛЖМц59—1—1 | 650—750           | 600—650 | 25                             | ЛМц58—2                | 650—750           | 600—650   | 22                             |
| ЛН165—5    | 750—870           | 600—650 | 30                             | ЛО90—1                 | 700—800           | 550—650   | 30                             |
| ЛО70—1     | 650—750           | 550—650 | 40                             | ЛОМш70—1—0,05          | 30                | 700—850   | 550—650                        |
| ЛО62—1     | 700—780           | 550—650 | 40                             | ЛАНКМц75—2—2,5—0,5—0,5 | 20                | 800—850*2 | 550—650                        |

\*1 По сравнению с обрабатываемостью латуни ЛС63—3.

\*2 Термическая обработка: температура закалки 780 °С; старение при 500 °С; закалка, деформация 10 % и старение при 450 °С.

### 33. Технологические свойства литейной латуни (ГОСТ 17711—80)

| Марка       | Литейная<br>усадка, % | Обрабатывае-<br>мость реза-<br>нием *1, % | Коэффициент<br>трения в паре<br>со сталью *2 |
|-------------|-----------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|
| ЛЦ16К4      | 1,7                   | 30                                        | 0,19                                         |
| ЛЦ23А6ЖЗМц2 | 1,8                   | 25                                        | —                                            |
| ЛЦ30А3      | 1,25                  | 30                                        | —                                            |
| ЛЦ40С       | 2,2                   | 80                                        | 0,17                                         |
| ЛЦ38Мц2С2   | 2,0                   | 60                                        | —                                            |
| ЛЦ40Мц3Ж    | 1,6                   | 25                                        | —                                            |
| ЛЦ25С2      | 1,8                   | 60                                        | —                                            |

\*1 Данные в % по сравнению с обрабатываемостью латуни ЛС63—3.

\*2 Без смазки.

чем состоянии. Все латуни хорошо паяются твердыми и мягкими припоями.

**Бронзами** называют медные сплавы, в которых основными легирующими элементами являются различные металлы, кроме цинка. Маркируют бронзы буквами Бр, за которыми следуют заглавные буквы легирующих элементов, а через тире цифры, показывающие их процентное содержание.

По сравнению с латунью бронзы обладают более высокими прочностью, коррозионной стойкостью и антифрикционными свойствами. Они весьма стойки на воздухе, в морской воде, растворах большинства органических кислот, углекислых растворах (табл. 37).

Большинство бронз (за исключением алюминиевых) хорошо поддаются сварке и пайке твердыми и мягкими припоями.

**Медно-никелевые сплавы** выделены в особую группу. Их разделяют на конструкционные и электротехнические (табл. 38, 39).

**Магнитные материалы** подразделяют на магнитомягкие (коэрцитивная сила  $H_c < 800$  А/м) и магнитотвердые ( $H_c > 4$  кА/м). Магнитомягкие материалы применяют для производства магнитопроводов (сердечников дросселей, трансформаторов, электромагнитов, магнитных систем приборов и др.), а магнитотвердые материалы — для изготов-

# 37. Свойства и назначение бронз

| Марка                                                    | НВ          | δ, %  | σ <sub>в</sub> , МПа | Назначение                                                                              |
|----------------------------------------------------------|-------------|-------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Оловянные деформируемые бронзы (ГОСТ 5017—74)</b>     |             |       |                      |                                                                                         |
| БрОФ8,0—0,3 * <sup>1</sup>                               | 88,4—98,0   | 55—65 | 392—490              | Сетки бумагоделательных машин                                                           |
| БрОФ7—0,2 * <sup>1</sup>                                 | 83,5—93,5   | 55—65 | 372—442              | Зубчатые колеса, втулки, прокладки высоконагруженных машин                              |
| БрОФ6,5—0,4 * <sup>1</sup>                               | 68,6—88,4   | 60—70 | 343—442              | Пружины, детали машин                                                                   |
| БрОФ6,5—0,15 * <sup>1</sup>                              | 54,0—68,6   | 45—50 | 295—372              | Пружины, втулки, вкладыши подшипников                                                   |
| БрОФ4—0,25 * <sup>1</sup>                                | 54,0—68,6   | 45—58 | 295—372              | Трубки манометров                                                                       |
| БрОЦ4—3                                                  | 49,0—68,6   | 35—45 | 295—392              | Токоведущие пружины, контакты штепсельных разъемов, детали химической аппаратуры        |
| БрОЦС4—4—4                                               | —           | 30—40 | 314—354              | Втулки и прокладки автомобилей и тракторов                                              |
| <b>Безоловянные деформируемые бронзы (ГОСТ 18175—78)</b> |             |       |                      |                                                                                         |
| БрА7 * <sup>1</sup>                                      | 63,8—73,5   | 65—75 | 432—490              | Пружины, мембраны, сильфоны                                                             |
| БрАМц9—2 * <sup>1</sup>                                  | 108,0—127,6 | 20—40 | 392—488              | Зубчатые колеса, втулки, винты                                                          |
| БрАЖ9—4 * <sup>1</sup>                                   | 98,0—117,8  | 35—45 | 392—488              | Зубчатые колеса, гайки машинных винтов, седла клапанов                                  |
| БрАЖН10—4—4 * <sup>1</sup>                               | 127,6—147,0 | 35—45 | 442—540              | Направляющие втулки, клапаны, зубчатые колеса и другие детали ответственного назначения |
| БрБ2 * <sup>1</sup>                                      | 127,6—147,0 | 40—50 | 392—588              | Пружины, упругие элементы                                                               |
| БрБНТ1,9 * <sup>1</sup>                                  | 117,8—137,5 | 30—50 | 392—588              | То же                                                                                   |
| БрКН1—3                                                  | 78,6—98,0   | 25—30 | 392—442              | Антифрикционные детали, баки, резервуары                                                |
| БрКМц3—1                                                 | 68,6—78,4   | 50—60 | 343—392              | Пружины, втулки, вкладыши подшипников                                                   |
| БрМц5                                                    | 68,6—86,4   | 35—45 | 292—353              | Топки котлов                                                                            |
| БрКД1 * <sup>1</sup>                                     | 49,0—68,6   | 35—45 | 256—332              | Коллекторы, троллейбусные провода                                                       |

| Марка                                             | НВ    | $\delta$ , % | $\sigma_B$ , МПа | Назначение                                                                           |
|---------------------------------------------------|-------|--------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Литейные оловянные бронзы (ГОСТ 613—79)</b>    |       |              |                  |                                                                                      |
| БрО3Ц12С5                                         | 58,8  | 5            | 206              | Арматура общего назначения                                                           |
| БрО3Ц6С5Н1                                        | 58,8  | 8            | 206              | Детали, работающие в масле, паре и пресной воде                                      |
| БрО4Ц7С5                                          | 58,8  | 5            | 176              | Арматура, антифрикционные детали                                                     |
| БрО4Ц4С17                                         | 58,6  | 12           | 147              | То же                                                                                |
| БрО5Ц5С5                                          | 58,8  | 6            | 138              | Биметаллические подшипники скольжения                                                |
| БрО6Ц6С3                                          | 58,8  | 4            | 176              | Арматура, антифрикционные детали, вкладыши подшипников                               |
| БрО8Ц4                                            | 73,5  | 10           | 196              | Части трубопроводов, насосов, работающих в морской воде                              |
| БрО10Ф1                                           | 88,2  | 3            | 245              | Узлы трения, высоконагруженные детали приводов и др.                                 |
| БрО10Ц2                                           | 73,5  | 10           | 275              | Антифрикционные детали, вкладыши подшипников и др.                                   |
| БрО10С10                                          | 73,5  | 6            | 196              | Подшипники скольжения, работающие при больших удельных давлениях                     |
| <b>Литейные безоловянные бронзы (ГОСТ 493—79)</b> |       |              |                  |                                                                                      |
| БрА9Мц2Л *1                                       | 88,2  | 18—22        | 392              | Алюминиевые бронзы применяются для изготовления фасонных отливок подшипников, втулок |
| БрА10Мц2Л *1                                      | 117,8 | 10—14        | 490              |                                                                                      |
| БрА9ЖЗЛ *1                                        | 107,9 | 8—14         | 490              |                                                                                      |

|               |       |       |     |                                            |
|---------------|-------|-------|-----|--------------------------------------------|
| БрА10ЖЗМц2    | 127,6 | 10—14 | 490 | Арматура, антифрикционные детали           |
| БрА10Ж4Н4Л *1 | 166,6 | 6     | 588 | Детали химической и пищевой промышленности |
| БрА11Ж6Н6 *1  | 253,8 | 1—3   | 588 | Арматура, антифрикционные детали           |
| БрС30         | 24,5  | 4     | 5,8 | Антифрикционные детали                     |

\*1 Бронзы неудовлетворительно обрабатываются резанием.

П р и м е ч а н и е. Свойства деформируемых бронз приведены для образцов в отожженном состоянии.

### 38. Свойства и назначение конструкционных медно-никелевых сплавов (ГОСТ 492—73)

| Сплав    | Марка        | Е *1   | σ <sub>В</sub> *1 | δ *1, % | Назначение                                                                                         |
|----------|--------------|--------|-------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |              | МПа    |                   |         |                                                                                                    |
| Мельхиор | МНЖМц 30—1—1 | 14 200 | 292—588           | 3—5     | Для коиденсаторных труб и труб термостатов                                                         |
| »        | МН19         | 13 750 | 490—586           | 2,5—5   | Детали машин, медицинский инстру-<br>мент, сетки, детали точной механики,<br>химической аппаратуры |



| Сплав      | Марка     | Е *1   | σ <sub>В</sub> *1 | δ *1, % | Назначение                                                                               |
|------------|-----------|--------|-------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------|
|            |           | МПа    |                   |         |                                                                                          |
| Нейзильбер | МНЦ 15—20 | 13 750 | 588—707           | 2—3     | Детали приборов, электромашин, радиоаппаратуры, медицинский инструмент, арматура, посуда |
| Куниаль А  | МНА 13—3  | —      | 884—935           | 2—4     | Детали машин повышенной прочности                                                        |
| Куниаль Б  | МНА 6—1,5 | —      | 638—735           | 4—6     | Пружины и другие изделия электротехнической промышленности                               |

\*1 Образцы в твердом состоянии.

\*1 Образцы в твердом состоянии.

### 39. Свойства и назначение электротехнических медно-никелевых сплавов (ГОСТ 492—73)

| Сплав      | Марка               | $\rho$ ,<br>Ом·мм <sup>2</sup> | $\alpha \cdot 10^6$ ,<br>1/°C | ТКС *1  | Назначение                                                                           |
|------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| ТБ         | МН16                | 0,223                          | 15,3                          | 0,0027  | Компенсационные провода термопар платина—золото                                      |
| Копель     | МНМц 43—05          | 0,49                           | 14,0                          | 0,00014 | Термопары, компенсационные провода, точные резисторы                                 |
| Константан | МНМц 40—45          | 0,48                           | 14,4                          | 0,00002 | Реостаты, термопары, нагревательные приборы с температурой до 500 °C, тензорезисторы |
| Манганин   | МНМц 3—12           | 0,435                          | 16,0                          | 0,00003 | Электротехнические измерительные приборы, резисторы                                  |
| »          | МНМцАЖ 3—12—0,3—0,3 | —                              | —                             | —       | Катушки точных резисторов, компенсационные провода                                   |

\*1 ТКС — температурный коэффициент сопротивления.

ления постоянных магнитов. Свойства магнитомягких материалов приведены в табл. 40.

Магнитотвердые материалы выпускают на основе сплавов Fe—Ni—Al (сплавы ЮНД) и Fe—Ni—Co—Al (сплавы ЮНДК) с легирующими элементами Cu, Ti, Nb; на основе ферритов бария и кобальта и на основе редкоземельных элементов (табл. 41).

Антифрикционные алюминиевые сплавы (табл. 42) представляют собой сплавы алюминия с оловом, медью, никелем и другими металлами.

Антифрикционные сплавы на цинковой основе применяют для изготовления втулок, вкладышей и других деталей узлов трения (табл. 43). Цинковые сплавы сваривают газовой сваркой электродами из основного материала с применением в качестве защитной среды восстановительного пламени. Сплавы льют в кокиль при температуре заливки 440—470 °С.

Титановые сплавы (табл. 44) разделяют на литейные и деформируемые. Они обладают преимуществами по сравнению с другими конструкционными материалами: 1) высокой коррозионной стойкостью; 2) немагнитностью; 3) высокой удельной прочностью; 4) низкой теплопроводностью; 5) малым коэффициентом линейного расширения.

Наиболее распространены литейные титановые сплавы ВТ1Л, ВТ5Л, ВТ9Л. Сплав ВТ1Л обладает наибольшей химической стойкостью; его применяют для деталей, работающих в агрессивных средах. Механические свойства низкие. Сплав ВТ5Л применяют для деталей, работающих при температурах от —253 до +350 °С. Сплав ВТ9Л наиболее высокопрочный и предназначен для изготовления нагруженных деталей, работающих при температуре до 500 °С.

Титановые сплавы удовлетворительно обрабатываются резанием, их можно сваривать.

Олово (табл. 45) выпускают в виде чушек и прутков (ГОСТ 860—75).

Баббиты (табл. 46, 47) (ГОСТ 1320—74) выпускают в виде чушек; они представляют собой сплавы олова с сурьмой, свинцом, медью, кадмием, никелем, мышьяком.

Платина, серебро и их сплавы (табл. 48, 49) имеют широкое применение в различных областях техники. В обозначении марок: ПЛ — платина, Пд — палладий,

| Материал, марка                                        | Магнитная проницаемость |                | Коэрци-<br>тивная<br>сила $H_c$ ,<br>А/м | Индукция<br>насыщения<br>$B_s$ , Тл | Удельное<br>электриче-<br>ское сопро-<br>тивление<br>$\rho$ *1 |
|--------------------------------------------------------|-------------------------|----------------|------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|                                                        | начальная               | максимальная   |                                          |                                     |                                                                |
| Металлы и сплавы                                       |                         |                |                                          |                                     |                                                                |
| Технически чистое железо                               | 250—400                 | 3 500—4 500    | 50—100                                   | 2,18                                | 0,1                                                            |
| Электролитическое железо                               | 600                     | 15 000         | 30                                       | 2,18                                | 0,1                                                            |
| Карбонильное железо                                    | 2000—3000               | 20 000—21 500  | 6,4                                      | 2,18                                | 0,1                                                            |
| Электротехническая сталь                               | 200—600                 | 3 000—8 000    | 10—65                                    | 1,95—2,02                           | 0,25—0,6                                                       |
| Низконикелевый пермаллой                               | 1 500—4000              | 15 000—60 000  | 5—32                                     | 1,0—1,6                             | 0,45—0,9                                                       |
| Высоконикелевые пермаллои                              | 7 000—100 000           | 50 000—300 000 | 0,65—5                                   | 0,65—1,05                           | 0,16—0,85                                                      |
| Суперпермаллой (79 % Ni;<br>5 % Mo; 15 % Fe; 0,5 % Mn) | 100 000                 | До 1 500 000   | 0,3                                      | 0,8                                 | 0,6                                                            |
| Ферриты                                                |                         |                |                                          |                                     |                                                                |
| 20 000 НМ                                              | 15 000                  | 25 000         | 0,24                                     | 0,11                                | 0,001                                                          |
| 6 000 НМ                                               | 4 800—8 000             | 10 000         | 8                                        | 0,11                                | 0,1                                                            |
| 1 000 НМ                                               | 800—1 200               | 18 000         | 28                                       | 0,11                                | 0,5                                                            |
| 1 000 НН                                               | 800—1 200               | 3 000          | 24                                       | 0,10                                | 10                                                             |
| 600 НН                                                 | 500—800                 | 1 500          | 40                                       | 0,12                                | 100*                                                           |
| 2 000 НМ1                                              | 1 700—2 500             | 3 500          | 25                                       | 0,12                                | 5                                                              |
| 700 НМ1                                                | 550—850                 | 1 800          | 25                                       | 0,05                                | 4                                                              |
| 100 В4                                                 | 80—120                  | 280            | 300                                      | 0,15                                | 10 <sup>5</sup>                                                |
| 20 В42                                                 | 10—24                   | 45             | 1000                                     | 0,10                                | 10 <sup>6</sup>                                                |
| 300 НН                                                 | 280—350                 | 600            | 80                                       | 0,13                                | 10 <sup>6</sup>                                                |
| 9 В4                                                   | 9—13                    | 30             | 1500                                     | 0,06                                | 10 <sup>7</sup>                                                |
| 200 В4                                                 | 180—220                 | 360            | 70                                       | 0,11                                | 10 <sup>3</sup>                                                |
| 50 В43                                                 | 45—65                   | 200            | 100                                      | 0,14                                | 10 <sup>4</sup>                                                |

\*1 Для металлов и сплавов в мкОм·м, для ферритов — в Ом·м.

## 41. Магнитные свойства магнитотвердых материалов

| Марка, состав                                       | Объемная плотность магнитной энергии $\mathcal{E}_{\text{мах}}$ , кДж/м <sup>3</sup> | Коэрцитивная сила $H_c$ , кА/м | Индукция насыщения $B_r$ , Тл |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| <b>Ферриты</b>                                      |                                                                                      |                                |                               |
| 1БИ                                                 | 3,2                                                                                  | 128                            | 0,19                          |
| 1БИС                                                | 3,6                                                                                  | 128                            | 0,21                          |
| 2,4БА                                               | 9,6                                                                                  | 224                            | 0,33                          |
| 3,1БА                                               | 12,4                                                                                 | 168                            | 0,38                          |
| 3БА2                                                | 10,4                                                                                 | 240                            | 0,35                          |
| 1,5КА                                               | 5,6                                                                                  | 128                            | 0,24                          |
| 2КА                                                 | 7,2                                                                                  | 128                            | 0,28                          |
| <b>Сплавы редкоземельных металлов</b>               |                                                                                      |                                |                               |
| SmCo <sub>5</sub>                                   | 75                                                                                   | 560                            | 0,92                          |
| PrCo <sub>5</sub>                                   | 56                                                                                   | 415                            | 0,94                          |
| Sm <sub>0,5</sub> Pr <sub>0,5</sub> Co <sub>5</sub> | 80                                                                                   | 700                            | 0,93                          |

## 42. Примерное назначение алюминиевых антифрикционных сплавов (ГОСТ 14113—78) и условия работы подшипников

| Марка                      | Назначение                                                                                                                                                    | Условия работы подшипников |                             |                       |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
|                            |                                                                                                                                                               | Нагрузка на подшипник, МПа | Скорость вращения вала, м/с | Температура масла, °С |
| A03—7,<br>K09—2            | Для отливки монометаллических вкладышей и втулок                                                                                                              | 2000<br>2500               | 15<br>15                    | 100<br>100            |
| A09—1,<br>A06—1,<br>A020—1 | Для получения биметаллической ленты со сталью и дуралюмином методом прокатки с последующей штамповкой вкладышей с толщиной антифрикционного слоя менее 0,5 мм | 3000<br>3200               | 20<br>20                    | 120<br>120            |

Продолжение табл. 42

| Марка     | Назначение                                                                                                                                      | Условия работы подшипников |                             |                       |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
|           |                                                                                                                                                 | Нагрузка на подшипник, МПа | Скорость вращения вала, м/с | Температура масла, °С |
| АН—2,5    | Для отливки вкладышей и получения прокатной моно- и биметаллической ленты для штамповки вкладышей с толщиной антифрикционного слоя менее 0,5 мм | 2000                       | 15                          | 100                   |
| АСМ, АМСТ | Для получения биметаллической ленты со сталью методом прокатки с последующей штамповкой вкладышей с толщиной антифрикционного слоя менее 0,5 мм | 2000<br>4000               | 10<br>15                    | 100<br>120            |

**43. Механические и технологические свойства цинковых сплавов (ГОСТ 21437—75)**

| Марка     | Механические свойства |              |       | Технологические свойства |            |                                                                                            |
|-----------|-----------------------|--------------|-------|--------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|           |                       |              |       | Коэффициент трения       |            | Коррозионная стойкость                                                                     |
|           | $\sigma_B$<br>МПа     | $\delta$ , % | НВ    | со смазкой               | без смазки |                                                                                            |
| ЦАМ—10—5  | 322                   | 1,0          | 102,0 | 0,009                    | 0,35       | Нестойкий в смазочных маслах<br>Нестойкий в парах воды, кислот, щелочей. Стойкий в смазках |
| ЦАМ—9—1,5 | 292                   | 5,2          | 83,0  | 0,012                    | 0,18       |                                                                                            |

## 44. Механические свойства титановых сплавов

| Марка    | $\sigma_B$ ,<br>МПа | $\delta$ , % | $\alpha_H$ ,<br>кДж/м <sup>2</sup> | Марка                            | $\sigma_B$ ,<br>МПа | $\delta$ , % | $\alpha_H$ ,<br>кДж/м <sup>2</sup> |
|----------|---------------------|--------------|------------------------------------|----------------------------------|---------------------|--------------|------------------------------------|
| Литейные |                     |              |                                    | Деформируемые<br>(ГОСТ 19807—74) |                     |              |                                    |
| BT1Л     | 343                 | 10           | 4                                  | BT1—0                            | 373                 | 20—25        | —                                  |
| BT5Л     | 686                 | 6            | 3                                  | BT3—1                            | 1130                | 10—16        | 3—6                                |
| BT3—1Л   | 935                 | 4            | 2,5                                | BT4                              | 686                 | 10—20        | —                                  |
| BT6Л     | 836                 | 5            | 2,5                                | BT5                              | 935                 | 12—25        | 3—6                                |
| BT9Л     | 935                 | 4            | 2                                  | BT6C                             | 980                 | 8—13         | —                                  |
| BT14Л    | 884                 | 5            | 2,5                                | BT14                             | 1100                | 4—8          | —                                  |
| BT21Л    | 980                 | 4            | 2                                  |                                  |                     |              |                                    |

И — иридий, Рд — родий, Ру — рутений, М — медь, Н — никель, Ср — серебро.

Кадмий (ГОСТ 1467—77) в зависимости от химического состава выпускают марок Кд0АС, Кд0С, Кд1С, Кд2С, Кд0А, Кд0, Кд1, Кд2. Количество примесей наименьшее в кадмии марки Кд0АС (0,02 %) и наибольшее — в Кд2 (0,17 %).

Магний (ГОСТ 804—72) в зависимости от химического состава выпускают марок Мг96, Мг95, Мг90 (соответственно 0,4 %, 0,5 % и 0,6 % примесей). Поставляют в виде чушек массой  $(8,0 \pm 1,0)$  кг. Магниевого сплавы подразделяют на литейные и деформируемые (табл. 50, 51). Магний и его сплавы быстро корродируют в контакте с другими металлами.

Никель (ГОСТ 849—70) в зависимости от химического состава выпускают марок Н-0, Н-1у, Н-1, Н-2, Н-3, Н-4. Никель марки Н-0 содержит не более 0,01 % примесей, марки Н-4—2,4 % примесей. Никель марок Н-0, Н-1у, Н-1 поставляют в виде катодных листов или пластинок; никель марок Н-2 и Н-3 — в виде катодных листов или пластинок, слитков, гранул; никель марки Н-4 в виде слитков и гранул. Марки никеля и его сплавов для электронной техники приведены в ГОСТ 19241—80.

Марки никеля, никелевых и медно-никелевых сплавов, обрабатываемых давлением, приведены в ГОСТ 492—73.

## 45. Свойства и назначение олова

| Марка                           | Характеристика, назначение                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОВ4-000<br>О1 п. ч.<br>О1<br>О2 | Особочистое, для полупроводниковой техники.<br>В пищевой промышленности, для лужения жести<br>Для лужения жести, изготовления припоев<br>Для изготовления баббитов, припоев, труб, фольги, лужения кухонной утвари |

## 46. Условия применения баббитов

| Мар-<br>ка  | На-<br>грузка             | Давление $p$ ,<br>МПа | Окружная ско-<br>рость $v$ , м/с | Напряженность<br>работы $p \cdot v$ ,<br>$\frac{\text{кгс/м}}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}$ | Рабочая темпе-<br>ратура, °С | Область применения                                                                                                                                         |
|-------------|---------------------------|-----------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Б88         | Спокой-<br>ная<br>ударная | 20, 15                | 50                               | 750                                                                                        | 75                           | Подшипники, работаю-<br>щие при больших ско-<br>ростях и высоких ди-<br>намических нагрузках.<br>Подшипники быстро-<br>ходных дизелей                      |
| Б83<br>Б83С | То же<br>»                | 15, 10<br>15, 10      | 50<br>50                         | 750, 500<br>750, 500                                                                       | 70                           | Подшипники, работа-<br>ющие при больших ско-<br>ростях и средних на-<br>грузках. Подшипники<br>турбин, дизелей, опор-<br>ные подшипники греб-<br>ных валов |
| БН          | »                         | 10,<br>7, 5           | 30                               | 300, 200                                                                                   | 70                           | Подшипники, работа-<br>ющие при средних ско-<br>ростях и нагрузках.<br>Подшипники компрес-<br>соров и дизелей                                              |
| Б16         | Спокой-<br>ная            | 10                    | 30                               | 300                                                                                        | 70                           | Подшипники оборудо-<br>вания тяжелого маши-<br>ностроения                                                                                                  |
| БС6         | Удар-<br>ная              | 15                    | —                                | —                                                                                          | 70                           | Подшипники автотрак-<br>торных двигателей                                                                                                                  |

## 47. Физико-механические свойства баббитов

| Мар-<br>ка | $\gamma$ ,<br>г/см <sup>3</sup> | НВ<br>(при 20 °С) | $\sigma_T$    | $\sigma_{сж}$ | Температура, °С          |           |         |
|------------|---------------------------------|-------------------|---------------|---------------|--------------------------|-----------|---------|
|            |                                 |                   | МПа           |               | начала рас-<br>плавления | плавления | заливки |
|            |                                 |                   |               |               |                          |           |         |
| Б88        | 7,35                            | 26,5—29,2         | —             | —             | —                        | 320       | 380—420 |
| Б83        | 7,38                            | 26,5—29,2         | 78,5—<br>83,5 | 108—117       | 240                      | 370       | 440—460 |
| Б83С       | 7,4                             | 26,5—29,2         | —             | —             | 230                      | 400       | 440—460 |
| БН         | 9,55                            | 26,5—28,2         | 69—73         | 125—128       | 240                      | 400       | 480—500 |
| Б16        | 9,29                            | 29,2              | 84            | 144           | 240                      | 410       | 480—500 |
| БС6        | 10,05                           | 14,7—16,6         | —             | —             | 247                      | 280       | —       |

48. Примерное назначение сплавов платины  
(ГОСТ 13498—79)

| Марка                                                             | Назначение                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Пл; ПЛИ-5; ПЛИ-10; ПЛИ-15;<br>ПЛИ-17,5; ПЛИ-20; ПЛИ-25;<br>ПЛИ-30 | Контакты (скользящие, раз-<br>рывные), медицинские принад-<br>лежности                                             |
| ПлПд-10; ПлПд-15; ПлПд-20                                         | Контакты, высокотемператур-<br>ные припои, потенциометры                                                           |
| ПлПдРд4-3,5                                                       | Катализаторные сетки                                                                                               |
| ПлРд-7; ПлРд-7,5; ПлРд-10;<br>ПлРд-20; ПлРд-30; ПлРд-40           | Термопары, лабораторная по-<br>суда, техническая аппаратура,<br>стеклоплавильные сосуды, ка-<br>тализаторные сетки |
| ПлМ-2,5; ПлМ-8,5                                                  | Потенциометры                                                                                                      |
| ПлН-4,5; ПлРу-8; ПлРу-10                                          | Контакты (разрывные, сколь-<br>зящие)                                                                              |



### 49. Примерное назначение серебра и его сплавов (ГОСТ 6836—80)

| Марка                                                                                            | Назначение                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ср 999,9; Ср 999; СрМ 970;<br>СрМ 960; СрМ 950; СрМ 940;<br>СрМ 900<br>СрМ 925; СрМ 916; СрМ 875 | Контакты разрывные и скользящие, электротехнические проводники<br>Контакты, электротехнические проводники, ювелирные изделия |
| СрМ 800; СрМ 770; СрМ 750;<br>СрМ 500                                                            | Контакты скользящие, электротехнические проводники                                                                           |
| СрПл 4; СрПл 12; СрПл 20;<br>СрПд 40; СрПдМ 30-20                                                | Контакты разрывные и скользящие                                                                                              |

### 50. Свойства и назначение магниевых деформируемых сплавов (ГОСТ 14957—76)

| Мар-<br>ка | $\lambda$ ,<br>Вт/(м·°C) | $\sigma_B$ | $\sigma_T$ | $\delta$ ,<br>% | НВ   | Характеристика сплава                                                                                                    |
|------------|--------------------------|------------|------------|-----------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            |                          | МПа        |            |                 |      |                                                                                                                          |
| МА1        | 126                      | 206        | 116        | 8               | 44,0 | Коррозионно-устойчив, удовлетворительно пластичен в горячем состоянии, хорошая свариваемость и обрабатываемость резанием |
| МА2        | 97                       | 254        | 157        | 8               | 54,0 | Высокая пластичность в горячем и удовлетворительная в холодном состоянии. Отличная обрабатываемость резанием             |
| МА5        | 76—97                    | 294        | 216        | 8               | 73,5 | Повышенная прочность и пониженная пластичность. Отличная обрабатываемость резанием                                       |
| МА8        | 134                      | 264        | 156—195    | 11              | 49,0 | Хорошая свариваемость                                                                                                    |

**51. Свойства и назначение магниевых  
литейных сплавов (ГОСТ 2856—79)**

| Мар-<br>ка | $\lambda$ ,<br>Вт/(м·°С) | $\sigma_B$ ,<br>МПа | $\delta$ , % | НВ        | Назначение                                                                                                       |
|------------|--------------------------|---------------------|--------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Мл3        | 105                      | 157                 | 6            | 39,1      | Арматура, детали, требующие повышенной герметичности                                                             |
| Мл4        | 80                       | 216                 | 2            | 58,6      | Корпуса приборов, детали самолетов, подвергаемые статическим нагрузкам                                           |
| Мл5        | 78                       | 147—216             | 1—2          | 49,0—58,6 | Высоконагруженные детали самолетов, двигателей, агрегатов и приборов корпуса пневмоинструментов, радиоаппаратура |
| Мл6        | 78                       | 147—205             | 1—2          | 49,0—63,6 | Средненагруженные детали, корпуса, радиоаппаратура                                                               |

**Сплавы твердые спеченные** (табл. 52) — сплавы на основе карбидов тугоплавких материалов (вольфрама, титана, хрома), связанных кобальтом, легированной сталью или жаропрочным никелевым сплавом. Их изготавливают методом порошковой металлургии; выпускают в виде пластин различной формы для оснащения режущего инструмента, матриц для прессования полуфабрикатов и волочения проволоки.

**Припой.** Припоем называется металл или сплав, предназначенный для соединения деталей пайкой. Температура плавления припоев должна быть ниже температуры плавления материалов паяемых деталей.

Припой разделяют на мягкие ( $t_{пл} \leq 400^\circ\text{C}$ ) и твердые ( $t_{пл} > 400^\circ\text{C}$ ). Основные материалы мягких припоев — сплавы олова и свинца. Их обозначение (например, ПОС 61) расшифровывается так: П — припой, ОС — оловянно-свинцовый, 61 — содержание олова в процентах. Основные характеристики мягких припоев и область их применения приведены в табл. 53, 54.

Твердые припой выполняют на серебряной основе (например, ПСр 72, где 72 — содержание серебра, %) или на медно-латунной и медно-никелевой основах. Серебряные припой применяют для пайки черных и цвет-

**52. Основные характеристики и назначение  
твердых спеченных сплавов (ГОСТ 3882—74)**

| Марка  | $\gamma$ , г/см <sup>3</sup> | HRA  | $\sigma_{\text{в}}$ , МПа | Назначение и эксплуатационные свойства                                                                                                                                                      |
|--------|------------------------------|------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ВК3    | 15—15,3                      | 89,5 | 1176                      | Чистовое и получистовое точение, резка стекла, обработка чугуна. Высокая износостойкость, умеренная прочность и сопротивляемость ударам                                                     |
| ВК3-М  | 15,3                         | 91,0 | 1176                      |                                                                                                                                                                                             |
| ВК6    | 14,6—15,0                    | 88,5 | 1590                      |                                                                                                                                                                                             |
| ВК6-М  | 14,8—15,1                    | 90   | 1421                      |                                                                                                                                                                                             |
| ВК4    | 14,9—15,2                    | 89   | 1519                      | Черновое точение. Черновое и чистовое фрезерование, сверление, зенкерование при обработке чугуна, сплавов, неметаллических материалов. Высокая износостойкость и эксплуатационная прочность |
| ВК4-В  | 14,9—15,2                    | 88   | 1470                      |                                                                                                                                                                                             |
| ВК8    | 14,4—14,8                    | 87,5 | 1616                      | Черновая обработка резанием чугуна, цветных металлов, жаропрочных сплавов. Волочение и калибровка труб, проволоки. Штамповый инструмент                                                     |
| ВК8-В  | 14,4—14,8                    | 86,5 | 1813                      | Бурение, волочение труб и прутков при повышенных обжатиях. Износостойкость ниже, чем у сплава ВК8, а эксплуатационная прочность выше                                                        |
| ВК8-ВК | 14,5—14,8                    | 87,5 | 1764                      |                                                                                                                                                                                             |
| ВК10   | 14,2—14,6                    | 87,0 | 1764                      | Волочение труб и прутков из сталей, изготовление быстроизнашивающихся деталей машин, приспособлений. Малая износостойкость, более высокая эксплуатационная прочность, чем у сплава ВК8      |
| ВК15   | 13,9—14,1                    | 86,0 | 1862                      | Ударное бурение горных пород гранита. Обработка дерева резанием. Изготовление быстроизнашивающихся деталей штампов. Высокая ударная и эксплуатационная прочность                            |

Продолжение табл. 52

| Марка          | $\gamma$ , г/см <sup>3</sup> | HRA          | $\sigma_{\text{н}}$<br>МПа | Назначение и эксплуатационные свойства                                                                                                            |
|----------------|------------------------------|--------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ВК20<br>ВК25   | 13,4—13,7<br>12,9—13,2       | 84,0<br>82,0 | 2058<br>2156               | Штамповый инструмент, быстроизнашивающиеся детали машин. Эксплуатационная и ударная прочность выше, чем у сплава ВК15, а износостойкость ниже     |
| T30K4          | 9,5—9,8                      | 92           | 980                        | Чистовое точение с малым сечением среза и другие виды обработки сталей. Высокая износостойкость, малая эксплуатационная прочность                 |
| T15K6<br>T14K8 | 11,1—11,6<br>11,2—11,6       | 90<br>89,5   | 1176<br>1274               | Черновое и получистовое точение при непрерывном резании сталей. Эксплуатационная прочность выше, а износостойкость ниже, чем у сплава T30K4       |
| T5K10          | 12,4—13,1                    | 88,5         | 1421                       | Черновое точение, строгание, черновое фрезерование сталей                                                                                         |
| T5K12          | 13,1—13,5                    | 87,0         | 1666                       | Черновое точение стальных поковок, отливок с раковинами и коркой                                                                                  |
| TT10K8-B       | 13,5—13,8                    | 89,0         | 1617                       | Черновая и чистовая обработка труднообрабатываемых материалов. Высокая эксплуатационная прочность и стойкость к ударам. Умеренная износостойкость |

## 53. Припой оловянно-свинцовые в чушках (ГОСТ 21980—76)

| Марка           | Температура плавления, °C | Удельное электрическое сопротивление, $\rho \cdot 10^6$ , Ом·м | Теплопроводность, Вт/(м·°C) | $\delta$ , % |
|-----------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|
| Бессурьмянистые |                           |                                                                |                             |              |
| ПОС 90          | 220                       | 0,120                                                          | 55                          | 40           |
| ПОС 61          | 190                       | 0,139                                                          | 50                          | 46           |
| ПОС 40          | 238                       | 0,159                                                          | 42                          | 52           |
| ПОС 10          | 299                       | 0,200                                                          | 35                          | 44           |

Продолжение табл. 53

| Марка                   | Температура плавления, °С | Удельное электрическое сопротивление, $\rho \cdot 10^6$ , Ом·м | Теплопроводность, Вт/(м·°С) | $\delta$ , % |
|-------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|
| ПОС 61М                 | 192                       | 0,143                                                          | 49                          | 40           |
| ПОСК 50—18              | 145                       | 0,133                                                          | 55                          | 40           |
| <b>Малосурьмянистые</b> |                           |                                                                |                             |              |
| ПОССу 61—0,5            | 189                       | 0,140                                                          | 50                          | 42           |
| ПОССу 50—0,5            | 216                       | 0,149                                                          | 48                          | 55           |
| ПОССу 40—0,5            | 235                       | 0,169                                                          | 42                          | 50           |
| ПОССу 35—0,5            | 245                       | 0,172                                                          | 42                          | 47           |
| ПОССу 30—0,5            | 255                       | 0,179                                                          | 38                          | 45           |
| ПОССу 25—0,5            | 266                       | 0,182                                                          | 38                          | 45           |
| ПОССу 18—0,5            | 277                       | 0,198                                                          | 35                          | 45           |
| <b>Сурьмянистые</b>     |                           |                                                                |                             |              |
| ПОССу 95—5              | 240                       | 0,145                                                          | 46                          | 46           |
| ПОССу 40—2              | 229                       | 0,172                                                          | 42                          | 48           |
| ПОССу 35—2              | 243                       | 0,179                                                          | 38                          | 40           |
| ПОССу 30—2              | 250                       | 0,182                                                          | 34                          | 40           |
| ПОССу 25—2              | 260                       | 0,185                                                          | 38                          | 35           |
| ПОССу 18—2              | 270                       | 0,206                                                          | 34                          | 35           |
| ПОССу 15—2              | 275                       | 0,208                                                          | 34                          | 35           |
| ПОССу 10—2              | 285                       | 0,208                                                          | 34                          | 30           |
| ПОССу 8—3               | 290                       | 0,207                                                          | 34                          | 43           |
| ПОССу 5—1               | 308                       | 0,200                                                          | 35                          | 40           |
| ПОССу 4—6               | 270                       | 0,208                                                          | 34                          | 15           |

## 54. Области применения оловянно свинцовых припоев

| Марка  | Применение                                                                                                 |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПОС 90 | Лужение и пайка швов пищевой посуды и медицинской аппаратуры                                               |
| ПОС 61 | Лужение и пайка электроаппаратуры, точных приборов с высокогерметичными швами, где не допускается перегрев |
| ПОС 40 | Лужение и пайка электрорадиоаппаратуры, деталей из оцинкованного железа с герметичными швами               |
| ПОС 10 | Лужение и пайка контактных поверхностей электрических аппаратов, приборов, реле                            |

Продолжение табл. 54

| Марка                                    | Применение                                                                                                                    |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПОС 61М                                  | Лужение и пайка медной проволоки, печатных проводников в кабельной промышленности, электро- и радиоэлектронной промышленности |
| ПОСК 50—18                               | Пайка деталей, чувствительных к перегреву                                                                                     |
| ПОССу 61—0,5                             | Лужение и пайка электроаппаратуры, обмоток электрических машин, оцинкованных радиодеталей при жестких требованиях к перегреву |
| ПОССу 50—0,5                             | Лужение и пайка авиационных радиаторов, пайка пищевой посуды с последующим лужением оловом                                    |
| ПОССу 40—0,5                             | Лужение и пайка жести, обмоток электрических машин, пайка радиаторных трубок, холодильных агрегатов, оцинкованных деталей     |
| ПОССу 35—0,5                             | Лужение и пайка свинцовых кабельных оболочек, электротехнических изделий неотвественного назначения                           |
| ПОССу 30—0,5                             | Лужение и пайка листового цинка, радиаторов                                                                                   |
| ПОССу 25—0,5                             | Лужение и пайка радиаторов                                                                                                    |
| ПОССу 18—0,5                             | Лужение и пайка трубок теплообменников, электрических ламп                                                                    |
| ПОССу 95—5                               | Пайка трубопроводов, работающих при повышенных температурах                                                                   |
| ПОССу 40—2                               | Лужение и пайка холодильных установок, тонколистовой упаковки. Припой широкого назначения                                     |
| ПОССу 30—2                               | Лужение и пайка в холодильном и электроламповом производстве, абразивная пайка                                                |
| ПОССу 18—2,<br>ПОССу 15—2,<br>ПОССу 10—2 | Пайка в автомобилестроении                                                                                                    |
| ПОССу 8—3                                | Лужение и пайка в электроламповом производстве                                                                                |
| ПОССу 5—1                                | Лужение и пайка деталей, работающих при повышенной температуре                                                                |
| ПОССу 4—6                                | Пайка белой жести, лужение и пайка деталей с закатанными и клепаными швами из латуни и меди, шпатлевка кузовов автомобилей    |

## 55 Свойства серебряных припоев (ГОСТ 19738—74)

| Марка   | Температура плавления, °С | Удельное электрическое сопротивление, мКОМ·см | Плотность, г/см <sup>3</sup> | Марка    | Температура плавления, °С | Удельное электрическое сопротивление, мКОМ·см | Плотность, г/см <sup>3</sup> |
|---------|---------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|----------|---------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|
| ПСр 72  | 779                       | 2,1                                           | 10                           | ПСр 15   | 640                       | 20,7                                          | 8,5                          |
| ПСр 50  | 779                       | 2,5                                           | 9,3                          | ПСр 40   | 590                       | 7,0                                           | 9,25                         |
| ПСр 70  | 715                       | 4,1                                           | 9,8                          | ПСр 37,5 | 725                       | 37,2                                          | 8,9                          |
| ПСр 65  | 695                       | 8,6                                           | 9,45                         | ПСр 62   | 650                       | 25,5                                          | 9,6                          |
| ПСр 45  | 665                       | 10                                            | 9,1                          | ПСр 23   | 304                       | 20,4                                          | 11,4                         |
| ПСр 25  | 740                       | 7,7                                           | 8,7                          | ПСр 2,5  | 295                       | 21,4                                          | 11                           |
| ПСр 12М | 793                       | 7,4                                           | 8,3                          | ПСр 2    | 235                       | 16,7                                          | 9,5                          |
| ПСр 10  | 822                       | 7,3                                           | 8,4                          | ПСр 1,5  | 273                       | 19,1                                          | 10,4                         |
| ПСр 71  | 645                       | 4,3                                           | 9,8                          |          |                           |                                               |                              |

ных металлов, кроме сплавов алюминия и магния, а припои на медной основе — для пайки углеродистых и легированных сталей, никеля и его сплавов. Основные свойства твердых припоев приведены в табл. 55.

## СОРТАМЕНТ

**Черные металлы.** Сталь различного качества поставляют в виде обжатой (квадратной) болванки; заготовок квадратных (ОСТ 14-2-205—87); кованных круглых и квадратных (ГОСТ 1133—76), горячекатаных круглых (ГОСТ 2590—71), квадратных (ГОСТ 2591—71) и шестигранных (ГОСТ 2879—69); калиброванных круглых, квадратных и шестигранных; круглых со специальной отделкой поверхности (ГОСТ 14955—77).

**Стальные горячекатаные равнополочные уголки** (ГОСТ 8509—86) поставляют длиной 4—13 м (по согласованию сторон допускается изготовление профилей длиной свыше 13 м) с полками шириной 20—250 мм и толщиной 3—30 мм.

**Стальные горячекатаные неравнополочные уголки** (ГОСТ 8510—86) поставляют длиной 4—13 м с малыми полками шириной 16—160 мм, большими полками шириной 25—250 мм и толщиной 16—160 мм.

Стальные холодногнутые уголки выпускают в виде равнобоких и неравнобоких профилей. Равнобокие профили из углеродистой стали изготавливают с полками шириной 16—220 мм и толщиной 1—10 мм. Неравнобокие профили из углеродистых и низколегированных сталей изготавливают с большими полками шириной 25—220 мм, малыми полками шириной 20—180 мм и толщиной 1,5—10 мм. Равнобокие профили из низколегированных сталей изготавливают с полками шириной 16—200 мм и толщиной 1,0—10 мм. Профили поставляют длиной 4—12 м.

Стальные гнутые неравнополочные уголки (ГОСТ 19772—74) изготавливают из сталей обыкновенного качества, углеродистой и низколегированной с большими полками шириной 25—200 мм, малыми полками шириной 20—100 мм и толщиной 1,5—8,0 мм. Длина профилей 4—12 м.

Стальные горячекатаные швеллеры (ГОСТ 8240—72) выпускают с уклонами внутренних граней полок и без уклонов. Высота швеллеров 50—400 мм, ширина полок 32—115 мм, толщина стенок 4,4—8,0 мм. Швеллеры поставляют длиной 4—13 м (по согласованию сторон допускается изготовление профиля длиной свыше 13 м).

Стальные гнутые равнополочные швеллеры (ГОСТ 8278—83) изготавливают высотой 28—410 мм с шириной полок 20—160 мм; толщина профиля 1—10 мм; длина швеллеров 4—12 м.

Стальные холодногнутые неравнополочные швеллеры (ГОСТ 8281—80) поставляют высотой 16—270 мм с большой полкой шириной 20—90 мм, малой полкой шириной 10—80 мм; длина швеллеров 4—12 м.

Гнутые стальные С-образные профили (ГОСТ 8282—83) выпускают высотой 162—410 мм с горизонтальной полкой и шириной 32—160 мм. Толщина профиля 1—5 мм. Профили изготавливают длиной 3—12 м.

Номинальные размеры (в мм) изделий из стали различного качества (диаметр, сторона квадрата, диаметр круга, вписанного в шестиугольник):

болванка обжатая — 140; 160; 180; 190; 200; 250; 280; 300; 320; 360; 400; 450;

заготовка квадратная — 40; 50; 45; 56; 60; 63; 70; далее до 110 через 5 мм; 120; 125; 130; далее до 220 через 10 мм;



сталь кованая круглая или квадратная — 40; 42; 45; 48; 50; 52; 55; 58; 60; 63; 65; 68; 70; 73; 75; 78; 80; 83; 85; далее до 200 через 5 мм;

сталь горячекатаная круглая — 5; 5,5; 6; 6,3; 6,5; 7; далее до 48 через 1 мм; 52; 53; 54; 55; 56; 57; 58; 60; 62; 63; 65; 67; 68; 70; 72; 75; 78; 80; 82; 85; далее до 135 через 5 мм, от 160 до 250 через 10 мм;

сталь горячекатаная квадратная — от 5 до 48 через 1 мм; 50; 52; 55; 58; 60; 63; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 93; 95; 100; 105; 110; 115; далее до 150 через 5 мм; от 160 до 200 через 10 мм;

сталь горячекатаная шестигранная — от 8 до 22 через 1 мм; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 52; 55; 60; 63; 65; далее до 100 через 5 мм;

сталь калиброванная круглая, квадратная, шестигранная — 3; 3,2; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 6,3; 7; далее до 30 через 1 мм; 32; 34; 36; 38; 41; 42; 45; 46; 48; 50; 53; 55; 56; 60; 63; 65; далее до 100 через 5 мм;

сталь серебрянка — 0,2; 0,25; 0,3; далее до 3,0 через 0,05 мм; от 3,1 до 10 через 0,1 мм; от 10, 25 до 14 через 0,25 мм; 14,5; 15; 16; 16,5; 17; 18; 18,5; 19; 19,5; 20; далее до 50 через 1,0 мм.

Двутавровые балки из горячекатаной стали (ГОСТ 8239—72) изготавливают высотой 100—600 мм с полками шириной 5,5—190 мм, с профилем толщиной 4,5—12 мм, длиной 4—13 м (по соглашению сторон допускается изготовление балок длиной более 13 м).

Стальные гнутые зетовые профили (ГОСТ 13229—78) выпускают из углеродистой стали высотой 10—265 мм с полками шириной 30—110 мм, толщиной 2,0—6,0 мм, длиной 3—12 м.

Прокат листовой горячекатаный (ГОСТ 19903—74) и холоднокатаный (ГОСТ 19904—74) выпускают в листах и рулонах (табл. 56, 57).

Горячекатаная листовая двухслойная коррозионно-стойкая сталь (ГОСТ 10885—85) имеет основной слой, выполненный из углеродистой или низколегированной стали, и плакирующий слой из коррозионно-стойкой стали или никеля. Толщина листов и коррозионно-стойкого слоя приведена в табл. 58.

Толстолистовую коррозионно-стойкую, жаростойкую и жаропрочную сталь (ГОСТ 7350—77) изготавливают в виде

## 56. Параметры (в мм) листовой горячекатаной стали

| Толщина   | Ширина    | Длина        | Толщина   | Ширина    |
|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| В листах  |           |              | В рулонах |           |
| 0,4—0,6   | 500—1000  | 710—2 000    | 1,2—12,0  | 500—630   |
| 0,63—0,75 | 500—1250  | 710—2 500    | 1,5—12,0  | 650—950   |
| 0,8—0,9   | 500—1250  | 710—2 500    | 1,2—12,0  | 1000—1250 |
| 1,0       | 600—1250  | 1 420—2 500  | 1,5—12,1  | 1400—1500 |
| 1,2—1,4   | 600—1250  | 1 420—3 000  | 3—12      | 1600—1800 |
| 1,5—1,8   | 600—1500  | 1 420—6 000  | 6—10      | 1900—2000 |
| 2,0—2,8   | 600—1500  | 1 420—6 000  | 7—10      | 2100—2200 |
| 3,0—3,9   | 600—1800  | 1 420—6 000  |           |           |
| 4,0—5,6   | 600—1800  | 1 420—6 000  |           |           |
| 6,7—7,0   | 760—2000  | 2 000—7 000  |           |           |
| 8—10      | 710—2500  | 2 000—12 000 |           |           |
| 11—12     | 1000—2500 | 2 000—12 000 |           |           |
| 13—25     | 1000—2800 | 2 500—12 000 |           |           |
| 26—40     | 1250—3600 | 2 500—12 000 |           |           |
| 42—160    | 1250—3800 | 2 500—9 000  |           |           |

## 57. Параметры (в мм) листовой холоднокатаной стали

| Толщина   | Ширина    | Длина     | Толщина   | Ширина    |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| В листах  |           |           | В рулонах |           |
| 0,35—0,5  | 500—1100  | 1000—3000 | 0,5—3,0   | 500—1000  |
| 0,55—0,65 | 500—1250  | 1000—3500 | 0,55—3,0  | 1100—1250 |
| 0,7—0,75  | 500—1420  | 1000—4000 | 0,7—3,0   | 1400      |
| 0,8—1,0   | 500—1500  | 1000—4000 | 0,7—2,5   | 1420      |
| 1,1—1,3   | 500—1800  | 1000—4200 | 0,8—2,5   | 1500      |
| 1,4—2,0   | 500—1800  | 1000—6000 | 1,1—2,5   | 1600—1800 |
| 2,2—3,2   | 500—2300  | 1000—6000 | 2,1—2,5   | 1900—2300 |
| 3,5—3,9   | 250—2300  | 2000—4750 |           |           |
| 4,0—5,0   | 1250—2300 | 3000—4500 |           |           |

листов толщиной 4—50 мм. Размеры листов должны соответствовать ГОСТ 19903—74.

Тонколистовую конструкционную легированную высококачественную сталь специального назначения (ГОСТ 11268—76) выпускают толщиной до 3,9 мм с размерами, регламентированными ГОСТ 19903—74 и ГОСТ 19904—74.

## 58. Листы двухслойные коррозионно-стойкие

| Общая толщина листов, мм | Толщина коррозионно-стойкого слоя, мм | Общая толщина листов, мм | Толщина коррозионно-стойкого слоя, мм |
|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| 4                        | 0,7—1,1                               | 22; 24; 25; 26;          | 3,0—4,0                               |
| 4; 5                     | 0,8—1,2                               | 28; 30                   | 3,5—5,0                               |
| 6; 7                     | 1,0—1,8                               | 32; 34; 36; 38;          | 4,0—6,0                               |
| 8; 9; 10; 11; 12; 13;    | 2,0—3,0                               | 40; 42; 45; 48;          |                                       |
| 14; 15                   |                                       | 50; 52; 55; 60           |                                       |
| 16; 17; 18; 19; 20;      | 2,5—3,1                               |                          |                                       |
| 21                       |                                       |                          |                                       |

Примечание. В двухслойной стали, изготовленной электрошлаковой сваркой, промежуточный слой относится к основному. Длина и ширина двухслойных листов соответствуют ГОСТ 19903—74.

Стальную горячекатаную ленту (ГОСТ 6009—74) выпускают шириной 20—220 мм и толщиной 1,2—5,0 мм.

Стальные горячекатаные полосы изготавливают шириной 12—200 мм и толщиной 4—60 мм (табл. 59).

Полосы горячекатаные из высококачественной стали 18ЮА предназначены для производства изделий способом холодной вытяжки. Полосы изготавливают размером 195×1900 мм, толщиной  $8,55 \pm 0,15$  мм.

Круглую холоднотянутую проволоку (ГОСТ 2771—81) изготавливают из стали, меди, алюминия и др. Сортамент проволоки приведен в табл. 60.

Низкоуглеродистую качественную проволоку (ГОСТ 792—67) изготавливают без покрытия (светлая КС) и с покрытием (оцинкованную КО) диаметром 0,5—6,0 мм.

Стальную углеродистую пружинную проволоку (ГОСТ 9389—75) в зависимости от механических свойств выпускают четырех классов: I, II, IIa, III диаметром от 0,74 до 8,0 мм.

Стальную пружинную термически обработанную проволоку (ГОСТ 1071—81) изготавливают диаметром 1,20—5,50 мм.

Стальную проволоку для пружинных шайб (ГОСТ 11850—72) выпускают квадратного, прямоугольного и трапецидального сечений со стороной квадрата

## 59. Размеры полос, мм

| Ширина                    | Толщина                                              |
|---------------------------|------------------------------------------------------|
| 12, 14                    | От 4 до 8 через 1 мм                                 |
| 16                        | » 4 » 10 » 1 мм, 12                                  |
| 18                        | » 4 » 10 » 1 мм                                      |
| 20, 22                    | » 4 » 12 » 1 мм                                      |
| 25, 28                    | » 4 » 12 » 1 мм, 14, 16                              |
| 30, 32, 36                | » 4 » 12 » 1 мм, 14, 16, 18, 20                      |
| 40                        | » 4 » 12 » 1 мм                                      |
|                           | » 14 » 22 » 2 мм, 25, 28, 32                         |
| 45, 50, 56                | » 4 » 12 » 1 мм                                      |
|                           | » 14 » 22 » 2 мм, 25, 28, 30, 32, 36                 |
| 60, 63, 65, 70, 75        | » 4 » 12 » 1 мм                                      |
|                           | » 14 » 22 » 2 мм, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45         |
| 80                        | » 4 » 12 » 1 мм                                      |
|                           | » 14 » 22 » 2 мм, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45, 50, 56 |
| От 85 до 130<br>через 5   | » 4 » 12 » 1 мм,                                     |
| От 140 до 200<br>через 10 | » 14 » 22 » 2 мм, 25, 28, 30, 36, 40, 45, 50, 56, 60 |

60. Номинальные диаметры (в мм)  
круглой холодотянутой проволоки

| Группа размеров |       |        |    | Группа размеров |        |       |    |
|-----------------|-------|--------|----|-----------------|--------|-------|----|
| I               | II    | III    | IV | I               | II     | III   | IV |
| —               | —     | 0,005  | —  | 0,025           | 0,0250 | 0,025 | —  |
| —               | —     | 0,0056 |    | —               | —      | 0,028 | —  |
| 0,006           | 0,006 | 0,006  |    | —               | 0,30   | —     | —  |
| —               | —     | 0,007  |    | —               | —      | 0,032 | —  |
| —               | 0,008 | 0,008  |    | —               | —      | 0,036 |    |
| —               | —     | 0,009  | —  | 0,040           | 0,040  | 0,040 |    |
| 0,010           | 0,010 | 0,010  |    | —               | —      | 0,045 |    |
| —               | —     | 0,011  |    | —               | 0,50   | 0,050 |    |
| —               | 0,012 | 0,012  |    | 0,060           | —      | 0,056 | —  |
| —               | —     | 0,014  |    |                 | —      | —     |    |
| 0,016           | 0,016 | 0,016  |    |                 | 0,060  | —     |    |
| —               | —     | 0,018  |    |                 | —      | 0,063 |    |
| —               | 0,020 | 0,020  |    |                 | —      | 0,070 |    |
| —               | —     | 0,022  | —  | —               | 0,080  | 0,080 | —  |
| —               | —     | —      |    | —               | —      | 0,090 |    |

Продолжение табл. 60

| Группа размеров |      |      |                                     | Группа размеров |      |      |      |
|-----------------|------|------|-------------------------------------|-----------------|------|------|------|
| I               | II   | III  | IV                                  | I               | II   | III  | IV   |
| 0,10            | 0,10 | 0,10 | От 0,1<br>до 0,21<br>через<br>0,01  | —               | —    | 1,80 | 1,80 |
| —               | —    | 0,11 |                                     | —               | —    | —    | 1,90 |
| —               | 0,12 | 0,12 |                                     | —               | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| —               | —    | —    |                                     | —               | —    | —    | 2,10 |
| —               | —    | 0,14 |                                     | —               | —    | 2,20 | 2,20 |
| 0,16            | 0,16 | 0,16 | —                                   | —               | —    | —    | 2,40 |
| —               | 0,20 | 0,20 |                                     | 2,5             | 2,5  | 2,5  | 2,50 |
| —               | —    | 0,22 |                                     | —               | —    | —    | 2,60 |
| 0,25            | 0,25 | 0,25 |                                     | —               | —    | 2,80 | 2,80 |
| —               | 0,30 | 0,28 |                                     | —               | 3,00 | —    | 3,00 |
| —               | —    | 0,32 | От 0,32<br>до 0,42<br>через<br>0,02 | —               | —    | 3,2  | 3,20 |
| —               | —    | —    |                                     | —               | —    | —    | 3,40 |
| —               | —    | 0,36 |                                     | —               | —    | 3,6  | 3,60 |
| —               | —    | —    |                                     | —               | —    | —    | 3,80 |
| 0,40            | 0,40 | 0,40 |                                     | 4,0             | 4,0  | 4,0  | 4,0  |
| —               | —    | —    | 0,45                                | —               | —    | —    | 4,2  |
| —               | —    | 0,45 |                                     | —               | —    | 4,5  | 4,5  |
| —               | —    | —    |                                     | —               | —    | —    | 4,8  |
| —               | 0,50 | 0,50 |                                     | —               | 5,0  | 5,0  | 5,0  |
| —               | —    | —    |                                     | —               | —    | —    | 5,3  |
| —               | —    | 0,56 | 0,56                                | —               | —    | 5,6  | 5,6  |
| 0,60            | 0,60 | —    | 0,60                                | 6,0             | 6,0  | —    | 6,0  |
| —               | —    | 0,63 | 0,63                                | —               | —    | 6,3  | 6,3  |
| —               | —    | —    | 0,67                                | —               | —    | —    | 6,7  |
| —               | —    | 0,70 | 0,70                                | —               | —    | 7,0  | 7,0  |
| —               | —    | —    | 0,75                                | —               | —    | —    | 7,5  |
| —               | 0,80 | 0,80 | 0,80                                | —               | 8,0  | 8,0  | 8,0  |
| —               | —    | —    | 0,85                                | —               | —    | —    | 8,5  |
| —               | —    | 0,90 | 0,90                                | —               | —    | 9,0  | 9,0  |
| —               | —    | —    | 0,95                                | —               | —    | —    | 9,5  |
| 1,00            | 1,00 | 1,00 | 1,00                                | 10,0            | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| —               | —    | —    | 1,05                                | —               | —    | —    | 10,5 |
| —               | —    | 1,10 | 1,10                                | —               | —    | 11,0 | 11,0 |
| —               | —    | —    | 1,15                                | —               | —    | —    | 11,5 |
| —               | 1,20 | 1,20 | 1,20                                | —               | 12,0 | 12,0 | 12,0 |
| —               | —    | —    | 1,30                                | —               | —    | —    | 13,0 |
| —               | —    | 1,40 | 1,40                                | —               | —    | —    | 14,0 |
| 1,60            | 1,60 | 1,60 | 1,50                                | —               | —    | 14,0 | 14,0 |
| 1,60            | 1,60 | 1,60 | 1,60                                | —               | —    | —    | 15,0 |
| —               | —    | —    | 1,70                                | 16,0            | 16,0 | 16,0 | 16,0 |

П р и м е ч а н и я: 1. Группу размеров IV применять не рекомендуется.

2. По требованию заказчика допускается поставлять проволоку размеров: 0,31; 0,35; 0,37; 0,55; 0,65; 1,25; 2,3; 2,7; 2,9; 3,1; 3,3; 3,5; 5,5; 5,8; 6,5 мм.

0,6—5,0 мм, со сторонами прямоугольника от  $0,6 \times 1,0$  мм до  $3,5 \times 5,0$  мм, сторонами трапеции от  $1 \times 1,05$  до  $12 \times 12,9$  мм.

**Трубы.** Основной сортамент стальных труб приведен в табл. 61.

Размеры листов из алюминия и алюминиевых сплавов (ГОСТ 21631—76) в зависимости от марки сплава и состояния поставки приведены в табл. 62.

Характеристики труб из цветных металлов и сплавов приведены в табл. 63.

По техническим ведомственным условиям выпускается разнообразная номенклатура труб из цветных металлов и сплавов.

**Плиты алюминиевые** (ГОСТ 17232—79) изготавливают из алюминия АД0, АД1, АД00, АД, А0, А5, А6, А7, сплавов АМц, АМцС, АМг2, АМг3, АМг5, АМг6, АВ, Д1, Д16, В95, 1951, Д19, Д20, ВАД1, АК4-1. Толщина 11—200 мм, ширина 1200—2000 мм, длина 2000—8000 мм.

**Проволоку для холодной высадки** диаметром 1,4—10,0 мм выполняют из сплавов по ГОСТ 4784—74; поставляют в нагартованном состоянии, пригодном для высадки.

**Электротехническую проволоку** (ГОСТ 6132—79) изготавливают диаметром 0,08—10,0 мм; марок АТ (твердая), АПТ (полутвердая), АМ (мягкая), АТп (твердая повышенной прочности).

**Фасонные прессованные алюминиевые профили** поставляют с площадью поперечного сечения до  $200 \text{ см}^2$ , с соотношением толщин полок не более 1 : 4.

Выпускают:

**бульбоугольники** (ГОСТ 13617—82) размером (минимальный—максимальный)  $13 \times 12$ — $30 \times 35$  мм;

**полосу заготовочную** (ГОСТ 13616—78) размером  $2 \times 40 \times 116 \times 280$  мм;

**угольник фитинговый** (ГОСТ 13618—81) размером  $19,1 \times 25,4 \div 35 \times 166$  мм;

**фасонный зет** (ГОСТ 13619—81) размером  $16 \times 13 \div 140 \times 60$  мм;

**нормальный зет** (ГОСТ 13620—81) размером  $6,6 \times 12 \div 180 \times 50$  мм;

**двутавр** (ГОСТ 13621—79) размером  $5 \times 13 \div 300 \times 175$  мм;

## 61. Основной сортамент стальных труб

| Название и назначение труб                                                | Наружный диаметр | Толщина стенки | Длина, м | ГОСТ     |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------|----------|
|                                                                           | мм               |                |          |          |
| Малых размеров                                                            | 0,32—4,80        | 0,1—1,6        | 0,3—7,0  | 14162—79 |
| Прецизионные:                                                             |                  |                |          |          |
| горячекатаные                                                             | 25—325           | 2,5—50,0       | 4,0—12,0 | 9567—75  |
| калиброванные                                                             | 5—710            | 0,2—32,0       | 1,0—11,5 | 9567—75  |
| Особотонкостенные коррозионно-стойкие бесшовные, холоднотянутые и катаные | 4,0—120,0        | 0,2—1,0        | 0,5—8,0  | 10498—82 |
| Общего назначения: бесшовные холоднотянутые и катаные                     | 5,0—250          | 0,3—24,0       | 1,5—12,5 | 8734—75  |
| бесшовные горячекатаные                                                   | 20—820           | 2,5—75,0       | 4,0—12,5 | 8732—78  |
| Сварные холоднокатаные и тянутые                                          | 5,0—110,0        | 0,5—5,0        | 1,5—9,0  | 10707—80 |
| Общего назначения сварные с прямым швом                                   | 8,0—162,0        | 1,0—16,0       | 2,0—10,0 | 10704—76 |
| Коррозионно-стойкие:                                                      |                  |                |          |          |
| бесшовные, горячедеформированные                                          | 57,0—325         | 3,5—32,0       | 1,5—10,0 | 9940—81  |
| бесшовные холодно- и теплodeформированные                                 | 5,0—273          | 0,2—22,0       | 1,5—9,0  | 9941—81  |
| Водогазопроводные сварные                                                 | 10,2—165         | 1,8—5,5        | 4—12     | 3262—75  |
| Высокого давления для дизелей бесшовные                                   | 6—25             | 2—7,5          | 0,5—4    | 11017—80 |
| Для мотовелопромышленности:                                               |                  |                |          |          |
| бесшовные волооченные и неволооченные                                     | 6—102            | 0,8—7,5        | 1,5—9,0  | 12132—66 |
| Сварные                                                                   | 6—102            | 0,8—7,5        | 1,5—9,0  | 12132—66 |

тавр (ГОСТ 13622—79) размером  $5 \times 25 \div 300 \times 165$  мм;  
равнотолщинный швеллер (ГОСТ 13623—80) размером  $3 \times 62 \div 275 \times 275$  мм;

отбортованный швеллер (ГОСТ 13624—80) размером  $5 \times 76 \div 95 \times 99$  мм;

таврошвеллер (ГОСТ 17575—81) размером  $25 \times 50 \div 90 \times 114$  мм;

равнобокий угольник (ГОСТ 13737—80) размером  $10 \div 250$  мм;

равностенный неравнобокий угольник (ГОСТ 13738—80) размером  $9,5 \times 6,0 \div 450 \times 160$  мм;

трапециевидный отбортованный швеллер (ГОСТ 17576—81) размером  $17 \times 40 \div 100 \times 150$  мм.

Прутки из алюминия и алюминиевых сплавов (ГОСТ 21488—76) выпускают с номинальным диаметром  $5 \div 400$  мм (круглые), с номинальным диаметром вписанной окружности  $7 \div 150$  мм (квадратные) и  $13 \div 100$  мм (шестигранные) из сплавов марок АМц, АМцС, АД31, АД33, АМг2, АМг3, АМг5, АМг6, АВ, Д1, Д16, В95, АК4, АК4-1, АК6, АК8, 1915, 1925.

Основной сортамент изделий из меди приведен в табл. 64.

Прутки латунные (ГОСТ 2060—73) круглого, квадратного и шестигранного сечений выпускают размером  $3 \div 50$  мм (тянутые) и  $10 \div 160$  мм (прессованные). Тянутые прутки выполняют из латуней марок Л63, ЛС59—1, ЛО62 — 1, ЛЖС58 — 1—1, ЛМц58 — 2, ЛЖМц59 — 1—1, а круглые — из ЛС63 — 3. Прессованные прутки — из латуней Л60, Л63, ЛО62 — 1, ЛС59 — 1, ЛМц58 — 2, ЛЖМц59 — 1—1, ЛАЖ60 — 1—1 и ЛЖС58 — 1—1.

Листы и полосы латунные (ГОСТ 931—78). Горячекатаные листы толщиной  $5 \div 21, 22, 24$  и  $25$  мм изготовляют размерами  $600 \times 1500$  мм и  $1000 \times 2000$  мм из латуней Л63, ЛО62 — 1 и ЛС59 — 1, ЛМц58 — 2. Холоднокатанные листы толщиной  $0,4; 0,5 \div 1,2; 1,3; 1,35; 1,4; 1,5; 1,6; 1,65; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,75; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10; 11$  и  $12$  мм выпускают размерами  $600 \times 1500; 800 \times 2000$  и  $1000 \times 2000$  мм из латуней Л63, Л80, Л85, Л90 и ЛС59—1. Холоднокатанные полосы толщиной  $0,4 \div 10,0$  мм и шириной  $40 \div 560$  мм выпускают из латуней, применяемых для холоднокатанных листов.



## 62. Размеры листов (в мм) из алюминия и его сплавов (ГОСТ 21631—76)

| Листы                     | Марка                                                                  | Толщина        | Ширина                                   | Длина           |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------------|-----------------|
| Без термической обработки | A7, A6, A5, A0                                                         | От 5,0 до 10,5 | 600, 800, 900, 1000                      | 2000            |
|                           | АД0, АД1                                                               |                | 600, 800, 900                            | 2000            |
|                           | АД0, АД1, АМц, АМцС, АМг2, АМг3, АМг5, АМг6, АВ, АД1, Д16, В95—2А, ВД1 |                | 1000, 1200, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000 | От 2000 до 7000 |
|                           | В95А                                                                   |                |                                          |                 |
| Отожженные                | A7, A6, A5, A0, АД0, АД1                                               | От 0,3 до 10,5 | 600, 800, 900, 1000                      | 2000            |
|                           | АД0, АД1, АМц, АМцС, АВ, АМг2                                          | От 0,5 до 10,5 | От 1000 до 2000                          | От 2000 до 7000 |
|                           | АМг3, АМг5, АМг6                                                       | От 0,5 до 10,5 | От 1000 до 2000                          | От 2000 до 7000 |
|                           | Д12                                                                    | От 0,5 до 4,0  | 1200, 1500                               | От 3000 до 4000 |
|                           | Д1А, Д16Б, Д16                                                         | От 0,5 до 10,5 | От 1000 до 2000                          | От 2000 до 7000 |
|                           | Д16У                                                                   | От 0,5 до 4,0  | 1200, 1500                               | От 2000 до 3000 |
|                           | В95А                                                                   | От 0,5 до 10,5 | От 1000 до 2000                          | От 2000 до 7000 |
|                           | В95-2а                                                                 | От 1,0 до 10,5 | 1200, 1400, 1500                         | От 2000 до 7000 |
|                           | ВД1                                                                    | От 0,8 до 10,5 | От 1000 до 2000                          | От 2000 до 7000 |

|                                                      |                          |                |                            |                 |
|------------------------------------------------------|--------------------------|----------------|----------------------------|-----------------|
| Полунагартованные                                    | АМц, АМцС, АМг2, АМг3    | От 0,5 до 10,5 | От 1000 до 2000            | От 2000 до 7000 |
|                                                      | Д12                      | От 0,5 до 4,0  | 1200, 1500                 | От 3000 до 4000 |
| Нагартованные                                        | А7, А6, А5, А0, АД0, АД1 | От 0,3 до 0,5  | 600, 700, 900, 1000        | 2000            |
|                                                      | АД0, АД1                 | От 0,5 до 10,5 | От 1000 до 2000            | От 2000 до 7000 |
|                                                      | ММ                       | От 1,0 до 4,5  | 1000, 1200, 1400, 1500     | От 2000 до 4000 |
|                                                      | АМц, АМцС, АМг2          | От 0,5 до 10,5 | От 1000 до 2000            | От 2000 до 7000 |
|                                                      | ВД1А                     | От 0,8 до 10,5 | 1 000, 12 000, 15 000      | От 2000 до 7000 |
| Закаленные и естественно состаренные                 | АВ, Д1А, Д16Б, Д16А      | От 0,5 до 10,5 | От 1 000 до 2 000          | От 2000 до 7200 |
|                                                      | Д16У                     | От 0,5 до 4,0  | 1 200, 1 500               | От 2000 до 7200 |
|                                                      | В95-2А, ВД1А             | От 0,8—10,5    | От 1 000 до 2 000          | От 2000 до 7000 |
| Закаленные и искусственно состаренные                | АВ                       | От 0,5 до 10,0 | От 1 000 до 2 000          | От 2000 до 7000 |
|                                                      | В95А                     | От 0,5 до 10,0 | От 1 000 до 2 000          | От 2000 до 7000 |
| Нагартованные после закалки и естественного старения | Д16Б, Д16А               | От 1,5 до 7,5  | 1 000, 1 200, 1 400, 1 500 | От 2000 до 7200 |

| Трубы                                               | Наружный диаметр      |                | Толщина стенки        |                | Длина труб, м | ГОСТ     |
|-----------------------------------------------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|---------------|----------|
|                                                     | Диапазон размеров, мм | Число размеров | Диапазон размеров, мм | Число размеров |               |          |
| Бронзовые прессованные                              | 42—300                | 42             | 5,0—60,0              | 20             | 0,5—4,0       | 1208—73  |
| Тонкостенные из никеля и его сплавов                | 0,35—4,5              | 90             | 0,05—0,3              | 6              | 0,5 и более   | 13548—77 |
| Латунные для теплообменных аппаратов                | 10—50                 | 28             | 0,8—3,0               | 6              | 1,5—12,0      | 21646—76 |
| Мельхиоровые для теплообменных аппаратов            | 10—50                 | 27             | 0,8—4,0               | 8              | 0,5—6,0       | 10092—75 |
| Медные                                              | 3—360                 | 126            | 0,5—10,0              | 17             | 1,5—6,0       | 617—72   |
| Из медно-никелевого сплава МНЖ5-1                   | 6—260                 | 61             | 1,0—10,0              | 14             | 1,0—6,0       | 17217—79 |
| Из бескислородной меди                              | 75—300                | 21             | 22,5—72,5             | 11             | 0,5—6,0       | 15040—77 |
| Тонкостенные из никеля и никелевых сплавов          | 1,5—28                | 48             | 0,15—0,7              | 11             | 1,0—3,0       | 11383—75 |
| Прессованные из магниевых сплавов                   | 16—50                 | 20             | 1,5—3,0               | 4              | 2,0—4,0       | 19441—74 |
| Бесшовные горячекатаные из сплавов на основе титана | 83—480                | 27             | 6,0—65,0              | 60             | 1,5—6,0       | 21945—76 |
| Свинцовые                                           | 15—170                | 100            | 2,5—10,0              | 10             | Не менее 1,8  | 167—69   |
| Манометрические из бронзы БрОФ4—0,25 и латуни Л63   | 8—22                  | 3              | 0,2—1,6               | 19             | 1,0—3,0       | 2622—75  |
| Радиаторные                                         | 4—11                  | 8              | 1,15; 0,2             | 2              | —             | 529—78   |
| Латунные                                            | 3—195                 | —              | 0,5—4,2               | —              | 1,0—6,0       | 494—76   |

## 64. Основной сортамент изделий из меди

| Изделие                                           | Марка меди                | Толщина или диаметр, мм | ГОСТ     |
|---------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------|----------|
| Пруток круглый, квадратный и шестигранный тянутый | М1, М1р, М2, М2р, М3, М3р | 3—50<br>20              | 1535—71  |
| Пруток круглый, прессованный                      |                           | 20—150                  | 1535—71  |
| Лист и полоса                                     |                           | 0,4—12                  | 495—77   |
| Лист                                              | М1, М1р, М2, М2р, М3, М3р | 3—25                    | 495—77   |
| Лента общего назначения                           |                           | 0,05—2,0                | 1173—77  |
| Полоса и лента                                    | М06                       | 2—55<br>0,05—2,0        | 15471—77 |
| Лента для коаксиальных кабелей                    | М1                        | 0,16—0,3                | 16358—79 |
| Трубы волноводные                                 | М2, М3                    | 1,2×2,4÷<br>146×292     | 20900—75 |

Проволоку латунную (ГОСТ 1066—80) общего назначения круглую диаметром 0,1—12 мм по сортаменту (ГОСТ 2771—81), квадратную и шестигранную размером 3—12 мм изготавливают из латуней Л80, Л68, Л63.

Проволоку из свинцовой латуни ЛС63—3 (ГОСТ 19703—79) для деталей приборов и часов выпускают диаметром 0,56—10,0 мм.

Трубы латунные тонкостенные (ГОСТ 11383—75) тянутые диаметром 1,5—2,8 мм с толщиной стенки 0,15—0,5 мм изготавливают из латуни Л63.

Сортамент изделий из бронзы приведен в табл. 65.

Плиты из магниевых сплавов (ГОСТ 21990—76) горячекатаные толщиной 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 27, 30, 32, 35, 40, 45 и 50 мм, шириной 500, 600, 700, 800, 900 и 1000 мм, длиной 1000—3000 мм изготавливают из сплавов МА2—1, МА2—1 п. ч. и МА8.

## 65. Сортамент изделий из бронзы

| Изделие                                                                                | Марка бронзы   | Размер, мм    |                 | ГОСТ     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------|-----------------|----------|
|                                                                                        |                | мини-мальный  | макси-мальный   |          |
| Оловянные деформируемые бронзы                                                         |                |               |                 |          |
| Полоса, лента                                                                          | БрОФ6,5—15     | 1×40          | 10×300          | 1761—79  |
|                                                                                        | БрОЦ4—3        | 0,1×10        | 2×300           |          |
| Полоса, лента                                                                          | БрОЦС4—4,25    | 1,58×50       | 3×200           | —        |
|                                                                                        |                | 0,5×100       | 2×200           |          |
| Прутки круглые                                                                         | БрОФ6,5—0,15   | 5 *1          | 40 *1           | 10025—78 |
|                                                                                        | БрОФ7—0,2      | 40 *2         | 110 *2          |          |
| Прутки круг-<br>лые, квадрат-<br>ные и шестигран-<br>ные                               | БрОЦ4—3        | 5 *1          | 40 *2           | 6511—60  |
|                                                                                        |                | 42 *2         | 120 *2          |          |
| Проволока круг-<br>лая, квадратная                                                     | БрОЦ4—3        | 0,1           | 12,0            |          |
| Безоловянные бронзы                                                                    |                |               |                 |          |
| Полоса, лента                                                                          | БрБ2, БрБНТ1,9 | 0,02×40       | 6×300           | 1789—70  |
|                                                                                        | БрБНТ1,7       | 0,02×10       | 1,5×300         |          |
| Полоса, лента                                                                          | БрАМц9—2       | 5×50          | 22×300          |          |
|                                                                                        |                | 0,4×10        | 1,0×300         |          |
| Прутки круглые:<br>тянутые<br>прессованные<br>катаные                                  | БрАМц9—2       | 5             | 40              | 1595—71  |
|                                                                                        | БрАЖ9—4        | 16            | 160             |          |
|                                                                                        | БрАЖМц10—3,15  | 30            | 100             |          |
|                                                                                        |                |               |                 |          |
| Прутки квадрат-<br>ные, шестигран-<br>ные, круглые                                     | БрАЖ9—4        | 5             | 41              | 1628—78  |
|                                                                                        | БрАЖН10—4—4    |               |                 |          |
|                                                                                        | БрКМц3—1       |               |                 |          |
|                                                                                        | БрКН1—3        |               |                 |          |
| Прутки круглые,<br>квадратные, ше-<br>стигранные тя-<br>нутые, круглые<br>прессованные | БрАМц9—2       | 16            | 160             | 15835—70 |
|                                                                                        | БрБ2           | 5 *1<br>42 *2 | 40 *1<br>100 *2 |          |
| Проволока круг-<br>лая, квадратная                                                     | БрКМц3—1       | 0,1           | 10              | 5222—72  |
|                                                                                        |                | 0,6           | 3,5             |          |
| Проволока из бе-<br>риллиевой брон-<br>зы                                              | БрБ2           | 0,06          | 12,0            | 15834—77 |

\*1 Тянутые.

\*2 Прессованные.

## ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ

Пластические массы (табл. 66—69) получают на основе высокомолекулярных соединений — полимеров. Их разделяют на два класса — термопласты и реактопласты. Термопласты (термопластичные пластмассы) при нагреве расплавляются, а при охлаждении возвращаются в исходное состояние. Реактопласты (термореактивные пластмассы) отличаются более высокими рабочими температурами, но при нагреве разрушаются и при последующем охлаждении не восстанавливают свои исходные свойства. Основные механические характеристики пластмасс те же, что и для металлов.

Твердость пластмасс определяется по Бринеллю при нагрузках 500—2500 Н на шарик диаметром 5 мм. Теплостойкость по Мартенсу — температура, при которой пластмассовый брусок размерами 120×15×10 мм, изгибаемый при постоянном моменте, создающем наибольшее напряжение изгиба на гранях 120×15 мм, равное 5,0 МПа, разрушится или изогнется так, что укрепленный на конце образца рычаг длиной 240 мм переместится на 6 мм.

Теплостойкость по Вика — температура, при которой цилиндрический стержень диаметром 1,13 мм под действием груза массой 5 кг (для мягких пластмасс 1 кг) углубится в пластмассу на 1 мм.

Температура хрупкости (морозостойкость) — температура, при которой пластичный или эластичный материал при ударе может разрушиться хрупко.

## ИЗОЛЯЦИОННЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Композиционные материалы образованы объемным сочетанием химически разнородных компонентов с четкой границей раздела между ними. В композиционных материалах сочетаются лучшие свойства различных составляющих фаз — прочность, пластичность, износостойкость и т. п. (табл. 70).

Детали из композиционных материалов изготавливают прессованием, экструзией, прокаткой, вибрационными уплотнениями и т. д. с последующим спеканием в защитной среде.

## 66. Основные свойства и назначение пластмасс

| Пластмасса                                                                                           | Особенность применения                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Методы обработки                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Термопласты</b>                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                           |
| <p>Полиэтилен высокого давления (ПЭВД) (ГОСТ 16337—77) и низкого давления (ПЭНД) (ГОСТ 16338—85)</p> | <p>Нейтральный материал с низким водопоглощением, невысокой прочностью (особенно у ПЭВД); эластичен, стоек к растрескиванию и химическим средам (кроме бензина, бензола, хлороформа), обладает высокими диэлектрическими свойствами, нетоксичен. Применяют для ненагруженных деталей, емкостей, труб</p>                         | <p>Литье под давлением, центробежное литье, экструзия, штамповка, резание, прессование, сварка, расплавление воздухом</p> |
| <p>Полипропилен термостабилизированный (ТУ 6-05-1105—73)</p>                                         | <p>Более жесткий, прочный и теплостойкий, чем полиэтилен, но морозостойкость очень низкая. Химически стоек. Старееет интенсивнее, чем ПЭНД. Применяют для труб, фиттингов, емкостей, вентиляторов, пленок, волокон</p>                                                                                                           | <p>То же, что и у полиэтилена, но сварка в инертном газе</p>                                                              |
| <p>Поливинилхлорид суспензионный (ГОСТ 14332—78)</p>                                                 | <p>Обладает высокой химической стойкостью (винипласт), подвержен термодеструкции при 140 °С. Применяют: винипласт — для футеровки в химических процессах, для труб, вентиляторов и др., пластикат НВЖ — для пленок, линолеума, изоляторов, гибких трубок; гидропласт — для заполнения полостей оснастки для металлообработки</p> | <p>Винипласт — экструзия, ударное прессование, сварка горячим воздухом, резание. Пластикат — экструзия, каландрование</p> |

Продолжение табл. 66

| Пластмасса                                                                     | Особенность применения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Методы обработки                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Полистирол общего назначения<br>(ГОСТ 20282—86)                                | Высокая жесткость, хорошие физические свойства. Химически стоек, хрупкий. Может быть суспензирован — пенополистирол. Применяют для корпусных деталей, приборов, изоляторов, деталей отделки; пенополистирол — для звуко- и теплоизоляции.                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Литье под давлением, экструзия, штамповка, пресование, резание, склеивание |
| Полистирол ударопрочный А, Б                                                   | Более высокая ударная вязкость, чем у полистирола. Применяют для различных деталей                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | То же                                                                      |
| Сополимеры стирола МС, МСН-Л<br>(ГОСТ 12271—76)                                | Более высокая механическая прочность и эластичность, чем у полистирола. Применяют для различных деталей                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | »                                                                          |
| Фторопласты<br>4 (ГОСТ 10007—80)<br>4М<br>(ГОСТ 14906—77)<br>3 (ГОСТ 13744—87) | Не поглощают воду. Химически стойки ко всем щелочам и кислотам. Низкий коэффициент трения, высокие теплостойкость и диэлектрические свойства (у фторопласта-3 диэлектрические свойства ниже). Низкие механические свойства, отличается хладнотекучестью. При температуре выше 320 °С разлагается. Применяют для подшипников скольжения, прокладок, уплотнителей, деталей химического машиностроения. Светопрозрачен, бензо- и маслостоек, хрупок. Применяют для деталей сложной формы, радиодеталей и деталей, соприкасающихся с бензином и маслом | Механическая обработка, склейка после специальной подготовки поверхности   |
| Полиметакрилатный порошок П-1<br>(ТУ 05-1344—71)                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Литье под давлением, экструзия, пресование                                 |



Продолжение табл. 66

| Пластмасса                                                               | Особенность применения                                                                                                                                                                                                                               | Методы обработки                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Стекло органическое конструкционное<br>СОЛ; СТ-1,2-55<br>(ГОСТ 15809—70) | Хорошая светопрозрачность, при вытяжке в высокоэластичном состоянии обеспечиваются высокая пластичность, способность выдерживать большие деформации без разрушения. Применяют для остекления машин и приборов, изготовления кожухов, корпусов        | Свободное литье с последующей вытяжкой, сварка, склейка, вакуумное и пневматическое формование |
| Капрон первичный<br>(ТУ 6-06-309—70)                                     | Более высокие механические свойства, чем у других термопластов, хорошие антифрикционные свойства. Большое водопоглощение. Химическая стойкость низкая. Применяют для подшипников скольжения, зубчатых колес, антифрикционных и декоративных покрытий | Литье под давлением, экструзия, центробежное литье, механическая обработка, сварка, склеивание |
| Полиамиды                                                                | Более высокие механические свойства, чем у капрона; меньшее водопоглощение, чем у капрона; наиболее жесткий среди капрона и полиамидов — капролон 13. Применение аналогично капрону                                                                  | То же                                                                                          |
| Сополимеры<br>АК80/20, АК93/7,<br>АК85/15 и др.<br>(ГОСТ 19459—74)       | Применяют для вкладышей подшипников, шестерен, втулок и других деталей                                                                                                                                                                               | »                                                                                              |
| Полиформальдегид                                                         | Один из наиболее жестких полимеров; высокие теплостойкость и морозостойкость, высокие антифрикционные и диэлектрические свойства.                                                                                                                    | Литье под давлением, экструзия, механическая обработка                                         |

Продолжение табл. 66

| Пластмасса                                                                                          | Особенность применения                                                                                                                                                             | Методы обработки                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Полиформальдегид                                                                                    | Химически стоек. Применяется для деталей втулок и вкладышей подшипников, тел качения, шестерен, корпусов электроприборов                                                           | Литье под давлением, экструзия, механическая обработка |
| Поликарбонат (диф-лои)<br>(ТУ 6-05-1668—74)                                                         | Высокие теплостойкость и морозостойкость. Низкое водопоглощение, прозрачен, высокие электрические свойства. Применяют для корпусных деталей в электромашиностроении, труб, вентиля | То же, прессование                                     |
| Стеклонаполненные полиамиды<br>ПА610-ДС;<br>ПА6-210-ДС;<br>ПА-211-ДС,<br>ПА66-ДС<br>(ГОСТ 17648—83) | Прочность выше, чем у капрона, в 2—3 раза; менее пластичны. Низкий коэффициент трения, стабильность усадки. Применяют для корпусных деталей в автомобиле- и приборостроении        | Литье под давлением, механическая обработка            |
| Полиакрилат Д-3                                                                                     | Высокие термическая стойкость и жаростойкость. Применяют для антифрикционных деталей                                                                                               | Литье под давлением, экструзия, литьевое прессование   |
| Пеиопласт А                                                                                         | Высокая химическая стойкость. Применяют для деталей коррозионно-стойкой аппаратуры                                                                                                 | Литье под давлением, прессование, экструзия            |
| Полиуретан ПУ-1                                                                                     | Стоек к воздействию разбавленных кислот, щелочей, масел, углеводородов, органических кислот. Применяют для деталей, работающих при температуре от —60 до +100 °С                   | Прямое литьевое прессование                            |

| Пластмасса                           | Особенность применения                                                                                                                                                 | Методы обработки   |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| <b>Реактопласты</b>                  |                                                                                                                                                                        |                    |
| Стекловолоконный материал СВМ-ЭР     | Состоит из стеклянных нитей и эпоксидной или фенолформальдегидной смолы. Высокие механические и электроизоляционные свойства. Применяют для деталей конструкций        | Прессование        |
| Стекловолокниты АГ—4 (ГОСТ 20437—75) | Состоят из стеклянных нитей (у АГ—4С крученых) и фенолформальдегидной смолы; АГ—4С прочнее, чем АГ—4В. Применяют для деталей конструкций                               | »                  |
| Пресс-материал П-50С, П-75С          | Состоит из стеклоленты и модифицированной фенолформальдегидной смолы. Высокие механическая прочность и теплостойкость. Применяют для деталей повышенной прочности      | Прямое прессование |
| П—5—2                                | Состоит из стекловолокна и модифицированной кремнийорганической смолы. Повышенные механические свойства. Применяют для деталей, работающих при повышенных температурах | То же              |
| ПН—67                                | Получают на основе полиамидной смолы. Стоек к окислению. Применяют для деталей и подшипников скольжения, работающих при температуре $-180 \div +125^{\circ}\text{C}$   | Прессование        |
| П—2—1; П—2—3; П—2—5;                 | Состоит из модифицированной эпоксидной смолы и нетканой ленты. Применяют для конструктивных деталей                                                                    | »                  |

Продолжение табл. 66

| Пластмасса                                                                                                  | Особенность применения                                                                                                                                                                                           | Методы обработки              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 179                                                                                                         | Состав и назначение аналогичны волокниту К—138—А                                                                                                                                                                 | Прессование                   |
| Волокнит<br>К—138—А                                                                                         | Состоит из кремнийорганической смолы, минерального наполнителя и других добавок. Высокая теплостойкость. Применяют для конструкционных и электроизоляционных деталей, работающих при температуре до 300—400 °С   | »                             |
| Стекловолокнит<br>ДСВ—2—Р—2м<br>(ГОСТ 17478—72)                                                             | Состоит из пропитанных и разрубленных стеклянных нитей. Применяют для сложных деталей с тонкими стенками                                                                                                         | »                             |
| Пресс-порошок РСТ                                                                                           | Состоит из стеклянного волокна и фенолформальдегидной смолы. Применяют для конструкционных электротехнических деталей                                                                                            | »                             |
| Стеклотекстолит<br>конструкционный<br>КАСТ<br>(ГОСТ 10292—74)                                               | Состоит из стеклотканей, пропитанных смолами. Высокие механическая прочность, теплостойкость, низкое водопоглощение. Применяют для перегородок летательных аппаратов, конструкционных электротехнических деталей | Механическая обработка листов |
| Намоточные стеклопластики на основе: стекложгута ЖС—1, полиэфирной смолы ПН-1, эпоксидных смол ЭД—8 и ЭД—10 | Высокие удельная механическая прочность, химическая стойкость, малая плотность. Применяют для высоконапорных труб, оболочек, емкостей                                                                            | Намотка                       |

Продолжение табл. 66

| Пластмасса                                                                     | Особенность применения                                                                                                                                                                                                    | Методы обработки              |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Стеклопластики контактного формования на основе эпоксидных смол<br>ЭД—8; ЭД—10 | Хорошая антикоррозионная стойкость, высокая прочность, малая плотность. Применяют для силовых крупногабаритных деталей несерийного производства                                                                           | Контактное формование         |
| Текстолит конструкционный ПТ, ПТК (ГОСТ 5—78Е)                                 | Состоит из хлопчатобумажной ткани и фенолформальдегидной смолы. Высокие антифрикционные свойства, прочность при сжатии, изоляционные свойства. Применяют для подшипников скольжения, шестерен, электротехнических деталей | Механическая обработка листов |
| Текстолит графитированный                                                      | Фрикционный материал. Применяют для деталей, работающих при трении                                                                                                                                                        | То же                         |
| Асботекстолит                                                                  | Состоит из асбестовой ткани, пропитанной фенолформальдегидной смолой. Хорошие фрикционные свойства, высокая теплостойкость. Применяют для тормозных устройств, фрикционных дисков, гидравлических передач                 | »                             |
| Гетинакс (ГОСТ 2718—74)                                                        | Обладает хорошими электроизоляционными свойствами. Применяют для электротехнических деталей                                                                                                                               | »                             |
| Массы прессовочные фенольные (ГОСТ 5689—79)                                    | Состоят из фенолформальдегидных смол, различных наполнителей, отвердителей, красителей и смазывающих веществ                                                                                                              | Прессование                   |
| СП1—342—02                                                                     | Применяют для ненагруженных деталей общего назначения                                                                                                                                                                     | »                             |
| Э2—330—02                                                                      | Применяют для электроизоляционных деталей                                                                                                                                                                                 | »                             |

Продолжение табл. 66

| Пластмасса                                                             | Особенность применения                                                                                                                                                                                                                                     | Методы обработки              |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| ВХ1—090—34                                                             | Для деталей с повышенной водо- и кислотостойкостью                                                                                                                                                                                                         | Прессование                   |
| У2—301—07                                                              | Для направляющих втулок, шестерен, кулачков и других деталей, работающих на удар                                                                                                                                                                           | »                             |
| Ж1—010—40                                                              | Для электротехнических деталей, работающих при повышенной температуре                                                                                                                                                                                      | »                             |
| Ретинакс А, Б<br>(ГОСТ 10851—73)                                       | Фрикционный материал с добавками асбеста, барита, смазочных веществ. Применяют для тормозных деталей                                                                                                                                                       | »                             |
| Ангемит                                                                | Антифрикционный материал на основе фенолформальдегидной смолы и графитированных продуктов. Применяют для поршневых колец, сальников, насосов, фильтров                                                                                                     | »                             |
| Древесно-смолистые пластики ДСП—А, ДСП—Б, ДСП—В, ДСП—Г                 | Композиционный материал на основе древесного шпона и фенолформальдегидной смолы. Химически стоек, высокие прочностные и антифрикционные свойства. Применяют для электроизоляционных деталей, подшипников скольжения, зубчатых колес, шкивов, обшивок и др. | Механическая обработка листов |
| Аминопласт, пресс-порошок А и Б (ГОСТ 9359—80) КФА, МФБ, МФВ, МФД, МФЕ | Светостоек, нетоксичен, хорошо окрашивается, обладает электроизоляционными свойствами. Недостатки — растрескивание, водопоглощение. Применяют для электроаппаратуры, сигнальных кнопок, сухих выключателей и др.                                           | Прессование                   |

| Марка                         | $\gamma$ , г/см <sup>3</sup> | Теплостой-<br>кость по<br>Мартенсу,<br>°C | Рабочая тем-<br>пература, °C | $\alpha \cdot 10^{-5}$ ,<br>1/°C | $\lambda$ , Вт/(м·°C) |
|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| Полиэтилен:                   |                              |                                           |                              |                                  |                       |
| высокого давления             | 0,9—0,94                     | —                                         | —50÷+70                      | 22—55                            | —                     |
| низкого давления              | 0,95—0,96                    | —                                         | —60÷+100                     | 17—20                            | —                     |
| Полистирол:                   |                              |                                           |                              |                                  |                       |
| ПСМД, ПСМ,                    | 1,05—1,08                    | 78                                        | —40÷+65                      | 6—8                              | 0,093—0,14            |
| оптический                    | 1,05—1,08                    | —                                         | —40÷+65                      | 6—7                              | 0,093—0,139           |
| Пластик СНП                   | 1,14                         | 74                                        | —40÷+70                      | 8,3                              | —                     |
| Фторопласт                    | 2,09—2,16                    | —                                         | —195÷+130                    | 6—10                             | 0,23                  |
| Фторопласт-4                  | 2,19—2,20                    | 110                                       | —269÷+260                    | 8—21                             | 0,24                  |
| Винипласт                     | 1,38                         | 65—70                                     | —                            | 5—15                             | 0,15—0,16             |
| Полиметилметакрилат ЛПТ       | 1,18—1,20                    | 88—95                                     | —60÷+60                      | 9                                | 0,279                 |
| Дакрил 2М                     | 1,19                         | —                                         | —                            | 8                                | —                     |
| Стекло органическое:          |                              |                                           |                              |                                  |                       |
| конструкционное               | 1,18                         | —                                         | —60÷+60                      | 7,1—7,7                          | 0,181—1,86            |
| светотехническое              | 1,18—1,20                    | —                                         | —                            | 7—8                              | 0,172—1,184           |
| П-12Б-20                      | 1,02                         | —                                         | —                            | —                                | —                     |
| Литьевые сополимеры полиамида | 1,19—1,14                    | 50—60                                     | —                            | 10—12                            | 0,27—0,3              |
| Капрон                        | 1,13                         | —                                         | —                            | 14                               | —                     |
| Капролон В                    | 1,15—1,16                    | 75                                        | —60÷+60                      | 6,6—9,8                          | 0,27—0,34             |
| Эпоксидные смолы              | 1,55—1,65                    | 81—130                                    | —                            | —                                | —                     |
| Компаунды ЭП                  | —                            | —                                         | —60÷+140                     | 3,5—4                            | 0,74                  |

| Марка                         | $\sigma_p$ | $\sigma_{сж}$ | $\sigma_H$ | Удельное электрическое сопротивление, Ом·см | Электрическая прочность, кВ/мм |
|-------------------------------|------------|---------------|------------|---------------------------------------------|--------------------------------|
|                               | МПа        |               |            |                                             |                                |
| Полиэтилен:                   |            |               |            |                                             |                                |
| высокого давления             | 10—16      | 12            | 12—17      | $10^{16}$ — $10^{17}$                       | 45—60                          |
| низкого давления              | 20—30      | 20—36         | 20—38      | $10^{16}$ — $10^{17}$                       | 45—50                          |
| Полистирол:                   |            |               |            |                                             |                                |
| ПСМД, ПСМ,                    | 34—39      | 80—100        | 80—90      | $10^{17}$                                   | 20—23                          |
| оптический                    | 40—45      | 90—100        | 95—105     | $10^{18}$                                   | —                              |
| Пластик СНП                   | 40—55      | 5             | 86—100     | $10^{15}$                                   | 20                             |
| Фторопласт                    | 35—45      | 55—60         | 60—80      | $10^{16}$ — $10^{17}$                       | 15—25                          |
| Фторопласт-4                  | 14—35      | 10—12         | 14—18      | $10^{17}$ — $10^{20}$                       | 25                             |
| Винипласт                     | 70—120     | 80—120        | 40—70      | $10^{14}$ — $10^{18}$                       | 30—45                          |
| Полиметилметакрилат ЛПТ       | 40         | 70            | 140        | $10^{15}$                                   | 27                             |
| Дакрил 2М                     | 65—70      | 110—123       | 117,5      | $10^{15}$                                   | 22                             |
| Стекло органическое:          |            |               |            |                                             |                                |
| конструкционное               | 71—92      | 130—150       | 99—121     | $10^{12}$ — $2 \cdot 10^{13}$               | 25—40                          |
| светотехническое              | 54—60      | —             | —          | —                                           | —                              |
| П-12Б-20                      | 39         | 40—45         | —          | $10^{11}$ — $10^{12}$                       | 15                             |
| Литьевые сополимеры полиамида | 60—70      | 70—120        | 45—120     | $10^{12}$ — $10^{14}$                       | 20                             |
| Капрон                        | 65         | 110           | —          | $3 \cdot 10^{15}$                           | 24—28                          |
| Капролон В                    | 90—95      | 100—110       | 120—150    | $6 \cdot 10^{13}$ — $5 \cdot 10^{14}$       | 20—21,3                        |
| Эпоксидные смолы              | 65—90      | 130—200       | 90—140     | $10^{14}$ — $5 \cdot 10^{15}$               | 13,5—16,5                      |
| Компаунды ЭП                  | 45         | —             | —          | $10^{14}$ — $10^{15}$                       | 20—60                          |



| Марка                     | $\gamma$ , г/см <sup>3</sup> | Рабочая температура, °С | $\lambda$ , Вт/(м·°С) | $\sigma_{сж}$ | $\sigma_{и}$ |
|---------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------|--------------|
|                           |                              |                         |                       | МПа           |              |
| ПВХ—1                     | 0,07—0,3                     | —60÷+60                 | 0,038—0,044           | 0,4—0,7       | 0,5—4        |
| ПВХ—2                     | 0,13—0,22                    | —60÷+60                 | 0,041—0,052           | 0,8—1,5       | 3—6,5        |
| ВВХ—Э                     | 0,1—0,27                     | —10÷+40                 | 0,043—0,066           | —             | —            |
| Винипор С                 | 0,08—0,12                    | —10÷+60                 | —                     | —             | —            |
| Вспенивающийся полистирол | 0,02—0,03                    | —60÷+70                 | 0,035—0,044           | 0,13—0,25     | 0,1—0,3      |
| ПЭ—5                      | 0,1—0,3                      | —60÷+120                | 0,058—0,075           | 0,7—2,8       | 1,6—3        |
| ПЭ—6                      | 0,02—0,05                    | —60÷+100                | 0,021—0,041           | 0,03—0,07     | 0,67—0,1     |
| ППУ—202—1                 | 0,2—0,25                     | —60÷+100                | —                     | —             | —            |
| ППУ—306                   | 0,1—0,15                     | —60÷+130                | 0,035—0,052           | 1—1,4         | —            |
| Изолан—1                  | 0,035—0,01                   | —60÷+200                | 0,041—0,07            | 0,15—10       | —            |
| Изолан—2                  | 0,03—0,05                    | —50÷+180                | 0,042                 | 0,25          | —            |

## 69. Свойства термореактивных пластмасс с наполнителем

| Марка                | $\gamma$ , г/см <sup>3</sup> | Теплостой-<br>кость по<br>Мартенсу,<br>°C | Рабочая тем-<br>пература, °C | $\alpha \cdot 10^6$ , 1/°C | $\lambda$ ,<br>Вт/(м·°C) |
|----------------------|------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 02—010—02            | 1,4                          | 125                                       | —                            | 4,5—5,3                    | 0,21—0,23                |
| 03—010—0,2           | 1,4                          | 130                                       | —                            | 4,6—5,3                    | 0,21—0,23                |
| Э1—340—02            | 1,4                          | 125                                       | —60÷+100                     | —                          | —                        |
| Э2—330—02            | 1,4                          | 120                                       | —50÷+100                     | 4,5—5,3                    | 0,21—0,23                |
| Сп3—342—02           | 1,4                          | 130                                       | —60÷+115                     | 4,3—7,0                    | 0,21—0,23                |
| Э3—340—65; Э3—340—61 | 1,95                         | 150                                       | —60÷+115                     | 2—5                        | 0,21—0,47                |
| В×1—090—34           | 1,6                          | 125                                       | —40÷+110                     | —                          | —                        |
| В×4—080—34           | 1,75                         | 115                                       | —60÷+200                     | —                          | —                        |
| У2—301—07; У4—301—07 | 1,45                         | 140                                       | —40÷+110                     | 7—3,5                      | 0,21—0,23                |
| У5—301—41; У6—301—41 | 1,95                         | 200                                       | —40÷+130                     | 2,5                        | 0,52                     |
| В—4—70               | 2                            | 140                                       | —60÷+150                     | 3,5                        | 0,0075                   |
| К—114—35; К—81—39    | 1,75—1,90                    | 125                                       | —60÷+100                     | 2—5                        | 0,3                      |
| К—81—39А; К—81—33С   | 1,95                         | —                                         | —                            | —                          | —                        |
| Ретинакс:            |                              |                                           |                              |                            |                          |
| А                    | 2,4—2,7                      | —                                         | —                            | —                          | 0,37                     |
| Б                    | 2,4—2,7                      | —                                         | —                            | —                          | 0,46                     |
| К—236—58             | 2,4—2,7                      | —                                         | —                            | 0,8—2,5                    | 0,46                     |
| У1—301—07            | 1,45                         | 160                                       | —                            | 3,0—3,5                    | 0,21—0,23                |

| Марка                          | $\gamma$ , г/см <sup>3</sup> | Теплостой-<br>кость по<br>Мартенсу,<br>°C | Рабочая тем-<br>пература, °C | $\alpha \cdot 10^6$ , 1/°C | $\lambda$ ,<br>Вт/(м·°C) |
|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Гетинакс:                      |                              |                                           |                              |                            |                          |
| электротехнический листовой    | 1,35—1,45                    | 150                                       | —                            | —                          | —                        |
| фольгированный                 | 1,44—1,98                    | —                                         | —                            | —                          | —                        |
| Текстолит:                     |                              |                                           |                              |                            |                          |
| электротехнический ЛТ          | 1,2—1,35                     | 110                                       | —60÷+65                      | —                          | —                        |
| конструкционный                | 1,3—1,4                      | 140                                       | —                            | 3,3—4,1                    | 0,23—0,34                |
| графитированный                | 1,3—1,4                      | 120                                       | —                            | —                          | —                        |
| Аминопласты:                   |                              |                                           |                              |                            |                          |
| В2, В3, В4, В5                 | 1,6—1,9                      | 130—150                                   | —60÷+60                      | 3                          | 0,29                     |
| Е1                             | 1,7—2,0                      | 180                                       | —                            | —                          | —                        |
| КФ9                            | 1,5—1,65                     | 200—250                                   | —60÷+250                     | —                          | —                        |
| КФ10                           | 1,8—2,0                      | 200—220                                   | —60÷+250                     | —                          | —                        |
| АГ—4С                          | 1,7—1,9                      | 280—320                                   | —                            | —                          | —                        |
| АГ—4НС                         | 1,7—1,9                      | 280—320                                   | —                            | 0,5—1,2                    | 0,31—0,6                 |
| АГ—4В10                        | 1,7—1,3                      | 280                                       | —60÷+130                     | 1—1,5                      | —                        |
| Фольгированный стеклотекстолит | 1,6—1,85                     | —                                         | —                            | —                          | —                        |
| ФДМТ                           | 3—4,5                        | —                                         | —60÷+110                     | —                          | —                        |
| Фенолит РСТ (К—214—52)         | 1,65                         | 140                                       | —                            | —                          | —                        |
| ВЭП—1                          | 1,7—1,8                      | 350                                       | —                            | 0,2                        | 0,45                     |

| Марка                | $\sigma_p$ | $\sigma_{сж}$ | $\sigma_{и}$ | Удельное электрическое сопротивление, Ом·см | Электрическая прочность, кВ/мм |
|----------------------|------------|---------------|--------------|---------------------------------------------|--------------------------------|
|                      | МПа        |               |              |                                             |                                |
| 02—010—02            | 35         | 160           | 60           | $10^{11}$                                   | 10                             |
| 03—010—0,2           | 37,5—40    | 160           | 70           | $10^{11}$                                   | 13                             |
| Э1—340—02            | 28         | 150           | 60           | $5 \cdot 10^{12}$                           | 13                             |
| Э2—330—02            | 30—53      | 150           | 65           | $5 \cdot 10^{12}$                           | 15                             |
| Сп3—342—02           | —          | 160           | 60           | $5 \cdot 10^{12}$                           | 13                             |
| Э3—340—65; Э3—340—61 | 23—26      | 110—115       | —            | $4,8 \cdot 10^{14}$                         | 15—21                          |
| В×1—090—34           | —          | 150—170       | 55—72        | $10^{12}$                                   | 13                             |
| В×4—080—34           | 24         | 120—150       | 35—45        | $10^{11}$                                   | 13                             |
| У2—301—07; У4—301—07 | 30—35      | 100—120       | 80           | $10^9$                                      | 4                              |
| У5—301—41; У6—301—41 | 25         | 80            | 85           | $10^{10}$                                   | 1,7—2,5                        |
| В—4—70               | —          | 200—220       | 97           | $10^{13}$                                   | 16—33                          |
| К—114—35; К—81—39    | 50         | 180—200       | 90           | $10^{14}$                                   | 16—22                          |
| К—81—39А; К—81—33С   | 5          | —             | 50—55        | $10^{14}$                                   | 15                             |
| Ретинакс:            |            |               |              |                                             |                                |
| А                    | —          | 55            | —            | —                                           | —                              |
| Б                    | —          | 57            | —            | —                                           | —                              |
| К—236—58             | 31,5       | 70—85         | 55           | —                                           | —                              |
| У1—301—07            | 30—35      | 100—120       | 80           | $10^9$                                      | 5                              |

| Марка                          | $\sigma_p$ | $\sigma_{сж}$ | $\sigma_H$ | Удельное электрическое сопротивление, Ом·см | Электрическая прочность, кВ/мм |
|--------------------------------|------------|---------------|------------|---------------------------------------------|--------------------------------|
|                                | МПа        |               |            |                                             |                                |
| Гетинакс:                      |            |               |            |                                             |                                |
| электротехнический листовой    | 98         | —             | 122,5      | $10^{10}$ — $10^{12}$                       | 12—30                          |
| фольгированный                 | 80         | —             | —          | $10^{12}$                                   | —                              |
| Текстолит:                     |            |               |            |                                             |                                |
| электротехнический ЛТ          | 110        | 140           | 150        | $10^{13}$                                   | 20                             |
| конструкционный                | 120        | 155           | 150        | $10^{10}$ — $10^{12}$                       | 2—5                            |
| графитированный                | 90         | 100           | 150        | —                                           | —                              |
| Аминопласты:                   |            |               |            |                                             |                                |
| В2, В3, В4, В5                 | —          | —             | 50—60      | $10^{12}$                                   | 12—14                          |
| Е1                             | —          | —             | 70—120     | $10^{12}$                                   | 7                              |
| КФ9                            | —          | —             | 90         | $10^{15}$                                   | 13                             |
| КФ10                           | —          | —             | 25         | $10^{15}$                                   | 15                             |
| АГ—4С                          | —          | —             | 400—600    | $10^{12}$                                   | 15                             |
| АГ—4НС                         | 550—670    | 200           | 400—600    | $10^{12}$ — $3 \cdot 10^{14}$               | 13—15                          |
| АГ—4В10                        | —          | 130           | 120        | $10^{12}$                                   | 13                             |
| Фольгированный стеклотекстолит | —          | 200           | —          | $10^{13}$                                   | —                              |
| ФДМТ                           | —          | —             | —          | —                                           | 10                             |
| Фенолит РСТ (К—214—52)         | —          | 140—170       | 60         | $10^{14}$                                   | 11                             |
| ВЭП—1                          | —          | 105           | 140        | $10^{14}$                                   | —                              |

## 70. Свойства конструкционных композиционных материалов

| Материал                                                  | Плотность,<br>г/см <sup>3</sup> | $\sigma_B$ | $E$       |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------|------------|-----------|
|                                                           |                                 | МПа        |           |
| Волокно бора на алюминиевой связке                        | 2,6                             | 1000—1200  | 240 000   |
| Углеродное волокно на алюминиевой связке                  | 2,35                            | 750        | 150 000   |
| Волокно бора на магниевой связке                          | 2,0                             | 1000       | 220 000   |
| Волокно карбида кремния на титановой связке               | 4,0                             | 900        | 210 000   |
| Вольфрам на никелевой связке                              | 12,5                            | 800        | 4 650 000 |
| Волокно молибдена на никелевой связке                     | 9,3                             | 700        | 235 000   |
| Дисперсионные частицы двуокиси гафния на никелевой связке | 9,0                             | 500—550    | 140 000   |

## 71. Основные характеристики окисной керамики

| Характеристика                                               | Керамика из оксидов |                                |                   |
|--------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------|
|                                                              | алюминия $Al_2O_3$  | циркония $ZrO_2$               | магния $MgO$      |
| Система кристаллов                                           | Гексагональная      | Кубическая (стабилизированная) | Кубическая        |
| Плотность, г/см <sup>3</sup>                                 | 3,99                | 5,60                           | 3,60              |
| Твердость по минералогической шкале                          | 9                   | 7                              | 5—6               |
| Температура плавления, °C                                    | 2050                | 2700                           | 2800              |
| Теплопроводность (при условии нулевой пористости), Вт/(м·°C) | 9,15 (600 °C)       | 2,1 (600 °C)                   | 11,04 (600 °C)    |
| Коэффициент линейного расширения, $10^6$ , 1/°C              | 8,4 (20—1000 °C)    | 7,7 (70—1000 °C)               | 13,5 (20—1000 °C) |

Продолжение табл. 71

| Характеристика                           | Керамика из оксидов                                                                       |                                                                                        |                                                                                          |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                          | алюминия $Al_2O_3$                                                                        | циркония $ZrO_2$                                                                       | магния $MgO$                                                                             |
| Предел прочности, МПа:<br>при сжатии     | 3000 (20 °C);<br>1500 (400 °C);<br>900 (1000 °C);<br>100 (1500 °C);<br>50 (1600 °C)       | 2100 (20 °C);<br>1200 (1000 °C);<br>800 (1200 °C);<br>130 (1400 °C);<br>20 (1500 °C)   | 1400 (20 °C);<br>1500 (400 °C);<br>1150 (1000 °C)                                        |
| при растяжении                           | 260 (10 °C);<br>240 (800 °C);<br>130 (1200 °C);<br>30 (1400 °C);<br>11,0 (1460 °C)        | 148 (20 °C);<br>112 (885 °C);<br>93 (1030 °C);<br>84 (1200 °C);<br>13 (1540 °C)        | 98 (25 °C);<br>105 (400 °C);<br>112 (600 °C);<br>100 (800 °C);<br>42 (1300 °C)           |
| при изгибе                               | 152 (20 °C);<br>95 (1000 °C);<br>76 (1200 °C);<br>61 (1350 °C);<br>17 (1600 °C)           | 230 (20 °C);<br>160 (1000 °C);<br>122 (1200 °C);<br>95 (1350 °C);<br>54 (1600 °C)      | 110 (20 °C);<br>100 (1000 °C);<br>87 (1200 °C);<br>75 (1350 °C);<br>40 (1600 °C);        |
| Микротвердость                           | 2000—3000                                                                                 | 700—900                                                                                | —                                                                                        |
| Модуль упругости $E \cdot 10^{-6}$ , МПа | 0,382 (20 °C);<br>0,37 (400 °C);<br>0,345 (800 °C);<br>0,275 (1200 °C);<br>0,15 (1500 °C) | 0,172 (20 °C);<br>0,13 (465 °C);<br>0,15 (850 °C);<br>0,1 (1225 °C);<br>0,09 (1360 °C) | 0,21 (25 °C);<br>0,21 (400 °C);<br>0,193 (800 °C);<br>0,147 (1000 °C);<br>0,07 (1200 °C) |
| Термическая стойкость                    | Хорошая                                                                                   | Удовлетворительная                                                                     |                                                                                          |

Керамика — поликристаллические материалы, получаемые спеканием природных глин и их смесей с минеральными добавками, а также оксидов металлов и других тугоплавких соединений. Ситаллы — неорганические материалы, получаемые путем направленной кристаллизации стекла. Благодаря высоким диэлектрическим свойствам, стойкости в химически активных средах, высоким механическим свойствам эти материалы нашли широкое применение в электронной, радиотехнической и электротехнической промышленности, в химической промышленности для футеровки емкостей, в металлообработке для изготовления металлорежущего инструмента, деталей, работающих на истирание с одновременным нагревом —

## 72. Свойства химически стойкой керамики

| Характеристика                                                          | Керамика                                   |                                            |             |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------|
|                                                                         | глиношамотная с грубо-зернистой структурой | глиношамотная с тонко-зернистой структурой | фарфор      |
| Водопоглощение, %                                                       | 2—10                                       | 0,2—3                                      | 0—0,2       |
| Предел прочности, МПа:                                                  |                                            |                                            |             |
| при сжатии                                                              | 30—90                                      | 80—150                                     | 400—500     |
| при изгибе                                                              | 10—20                                      | 25—70                                      | 50—120      |
| Временное сопротивление при растяжении, МПа                             | 6—10                                       | 25                                         | 30—60       |
| Кислотостойкость, %                                                     | 95—98                                      | 97—99,5                                    | 94,5—99,7   |
| Количество теплосмен при нагреве до 350 °С и охлаждении до 20 °С в воде | До 20                                      | До 30                                      | Св. 15      |
| Коэффициент линейного расширения, 10 <sup>6</sup> , 1/°С                | 2,5—5,5                                    | 2,5—6,0                                    | 4,0—6,0     |
| Теплопроводность, Вт/(м·°С)                                             | 0,0088—0,0126                              | 0,015—0,03                                 | 0,0176—0,02 |

## 73. Основные характеристики ситаллов некоторых классов

| Характеристика                            | Ситаллы                    |              |
|-------------------------------------------|----------------------------|--------------|
|                                           | магнезиальные              | пироксеновые |
| Плотность кажущаяся, г/см <sup>3</sup>    | 2,5—2,85                   | 2,8—2,95     |
| Водопоглощение, %                         | 0,2                        | 0            |
| Удельная теплоемкость, кДж/(м·°С)         | 68—88                      | —            |
| Теплопроводность, Вт/(м·°С)               | 0,01—0,023                 | —            |
| Температуропроводность, м <sup>2</sup> /ч | (1,5÷3,4)·10 <sup>-3</sup> | —            |
| Термостойкость, °С                        | До 1000                    | 200          |
| Жаропрочность под нагрузкой, °С           | 800—1200                   | 1150         |
| Предел прочности при изгибе, МПа          | 140—180                    | 400          |
| Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>      | 45—105                     | 95           |
| Модуль упругости, МПа                     | 99—132                     | 140          |
| Коэффициент Пуассона                      | 0,25—0,34                  | —            |
| Микротвердость                            | 700—970                    | 970—1050     |



## 74. Основные свойства фарфора

| Характеристика                                                                           | Фарфор                              |                                  |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------|
|                                                                                          | нормаль-<br>ный высо-<br>ковольтный | кварц<br>поле-<br>вошпат-<br>ный | глинозе-<br>мистый  |
| Водопоглощение, %                                                                        | 0                                   | 0                                | 0                   |
| Временное сопротивление при<br>растяжении, МПа:<br>неглазурованного<br>глазурованного    | 34<br>35—57                         | 44<br>65                         | 5,9<br>7,8          |
| Предел прочности при статиче-<br>ском изгибе, МПа:<br>неглазурованного<br>глазурованного | 60—90<br>70—100                     | 90<br>110                        | 124<br>155          |
| Предел прочности при динамиче-<br>ском изгибе неглазурованного<br>фарфора, МПа           | 0,17—0,20                           | 0,20                             | 0,32                |
| Удельное электрическое сопро-<br>тивление при 20 °С, Ом·см                               | $10^{12}$ — $10^{13}$               | $5 \cdot 10^{13}$                | $6,7 \cdot 10^{13}$ |

фильер для протяжки проволоки, сопл пескоструйных аппаратов и др.

Окисная керамика, состоящая из чистых оксидов  $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$ ,  $MgO$ , сохраняет высокие механические свойства до высоких температур и обладает высокими диэлектрическими свойствами (табл. 71).

К химически стойкой керамике относится керамика глиношамотная с грубозернистой и с тонкозернистой структурой (табл. 72).

Керамику и ситаллы шлифуют инструментом из синтетических и природных алмазов, а также полированием алмазными порошками и пастами. Таким образом, на изделиях из этих материалов получают параметры шероховатости  $Ra = 0,008 \div 0,01$  мкм.

Ситаллы классифицируют по применению и содержанию основной кристаллической фазы. В металлообработке

наиболее широко применяют износостойкие и химически стойкие ситаллы (табл. 73).

Детали из керамики и ситаллов соединяют друг с другом и с другими материалами с помощью стеклокристаллического цемента с последующей термической обработкой при 400—600 °С, клеев и замазок на основе эпоксидной смолы и жидкого стекла, металлизацией и последующей пайкой.

Фарфор — изоляционный материал, основные свойства которого приведены в табл. 74.

## ПОКРЫТИЯ

Покрѳтия наносят на изделия из различных материалов для защиты от коррозии, придания изделиям декоративного вида, создания специальных поверхностных свойств (электропроводимости, теплопроводности, электроизоляционных магнитных и немагнитных свойств, светоотражающей или светопоглощающей способности, износостойкости и др.). Покрѳтия могут быть металлическими и неметаллическими неорганическими (оксидные, фосфатные, фторидные и др.), пластмассовыми, резиновыми, лакокрасочными.

При выборе покрѳтий необходимо учитывать их назначение, условия эксплуатации, материал детали, свойства и характеристику покрѳтий, способ нанесения покрѳтий, допустимость и недопустимость контактов сопрягаемых материалов.

Условия эксплуатации металлических и неметаллических органических покрѳтий делят на группы: легкие Л; средние С; жесткие Ж; очень жесткие ОЖ. Характеристики условий эксплуатации приведены в ГОСТ 9.306—85. Эти покрѳтия классифицируют по способу получения, материалу, физико-механическим и декоративным свойствам (табл. 75—78).

Защитные свойства покрѳтий зависят от возможности взаимодействия материалов покрѳтия и детали (табл. 79). Основные свойства металлических и неметаллических неорганических покрѳтий и их назначение приведены в табл. 80—82, технология нанесения покрѳтий и методы контроля качества — в ГОСТ 16976—71.

Лакокрасочные материалы — многокомпонентные составы, способные при нанесении тонким слоем на поверх-

## 75. Обозначение способов нанесения покрытий

| Способ получения покрытия | Обозначение | Способ получения покрытия | Обозначение |
|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|
| Катодное восстановление   | —           | Металлизационный          | Мет         |
| Химический                | Хим         | Конденсационный           | Кон         |
| Анодное окисление         | Ан          | Контактный                | Кт          |
| Горячий                   | Гор         | Вжигание                  | Вж          |
| Диффузионный              | Диф         | Катодное распыление       | Кр          |

ность изделий высыхать с образованием тонкой пленки, удерживаемой силами адгезии. Применяют для получения защитных, декоративных и электроизоляционных покрытий на различных изделиях (табл. 83).

Обозначения лакокрасочных материалов в зависимости от наименования смол, эфиров, целлюлозы и масел, входящих в состав пленкообразующих веществ, приведены в табл. 84, а классификация покрытий по внешнему виду в табл. 88.

По составу и назначению лакокрасочные материалы подразделяют на лаки, грунтовки, шпатлевки, краски (в том числе эмали, табл. 85, 86).

Рекомендуемые сочетания грунтовок с эмалями (лаками) и материалами окрашиваемых поверхностей приведены в табл. 87.

В обозначение марки лакокрасочного материала входят буквенное обозначение группы (см. табл. 84) и несколько цифр, первая из которых указывает назначение материала (см. табл. 83), а остальные составляют порядковый номер регистрации материала. Например: Эмаль ХВ-16 — перхлорвиниловая эмаль (ХВ), атмосферостойкая 1, регистрационный номер 6; грунтовка ГФ-020 — глифталевая ГФ грунтовка 0, регистрационный номер 20.

В обозначении покрытий на изделии указывают дополнительно условия эксплуатации (ГОСТ 9.104—79) и требования к внешнему виду покрытия (табл. 88).

## 76. Обозначение металлических покрытий

| Материал покрытия     | Обозначение * | Материал покрытия | Обозначение * |
|-----------------------|---------------|-------------------|---------------|
| Железо                | Ж             | Серебро           | Ср            |
| Золото                | Зл            | Серебро—сурьма    | Ср-Су         |
| Золото—серебро        | Зл-Ср         | Серебро—палладий  | Ср-Пд         |
| Золото—сурьма         | Зл-Су         | Хром              | Х             |
| Индий                 | Инд           | Цинк              | Ц             |
| Кадмий                | Кд            | Платина           | Пл            |
| Кобальт               | Ко            | Палладий          | Пд            |
| Медь                  | М             | Родий             | Рд            |
| Медь—олово            | М-О           | Рутений           | Ру            |
| Медь—олово—цинк *     | М-О-Ц         | Свинец            | С             |
| Медь—цинк             | М-Ц           | Титан             | Ти            |
| Никель                | Н             | Никель—вольфрам   | Н-В           |
| Никель—кобальт—фосфор | Н-Ко-Ф        | Цинк—никель       | Ц-Н           |
| Олово                 | О             | Оксиды            | Окс           |
| Олово—висмут          | О-Ви          | Фосфаты           | Фос           |
| Олово—кобальт         | О-Ко          | Алюминий          | А             |
| Олово—свинец          | О-С           | Золото—платина    | Зл-Пл         |
| Олово—цинк            | О-Ц           | Алюминий—цинк     | А-Ц           |
| Олово—никель          | О-Н           | Рений             | Ре            |

\* В обозначение покрытий, состоящих из сплава, включается максимальное процентное содержание первого или второго и второго компонентов сплава (в случае трехкомпонентного сплава). Например, медно-оловянно-свинцовое покрытие с массовой долей меди 70—78 %; олова 10—18 % и свинца 4—20 % обозначают М—О—С (78; 18).

## 77. Обозначение признаков, характеризующих физико-механические свойства покрытий

| Признак покрытия    | Обозначение |
|---------------------|-------------|
| Твердое             | ТВ          |
| Электропроводное    | Э           |
| Электроизоляционное | ЭИЗ         |

## 78. Обозначение видов дополнительной обработки покрытий

| Вид дополнительной обработки покрытия | Обозначение | Вид дополнительной обработки покрытия | Обозначение |
|---------------------------------------|-------------|---------------------------------------|-------------|
| Фосфатирование                        | фос         | Гидрофобизирование                    | гфз         |
| Хроматирование                        | хр          | Пропитка маслом                       | прм         |
| Оксидирование                         | окс         | Наполнение в воде                     | нв          |
| Оплавление                            | опл         | Нанесение лакокрасочного покрытия     | лкр         |
| Пропитка                              | прп         |                                       |             |

**79. Особенности контакта между металлами и неорганическими покрытиями  
в различных условиях эксплуатации**

| Соединяемые металлы<br>и покрытия                 | Золото, плати-<br>на, палладий,<br>родий | Серебро        | Хромоникеле-<br>вые стали | Хром           | Медь и ее<br>сплавы | Никель         | Олово и его<br>сплавы | Свинец и его<br>сплавы | Титан и его<br>сплавы | Стали          |                |                | Алюминий и<br>его сплавы<br>оксидированные | Цинк и<br>цинковые<br>покрытия |                | Магний и его<br>сплавы оксиди-<br>рованные |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------|---------------------------|----------------|---------------------|----------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------------------|
|                                                   | Условия эксплуатации *1                  |                |                           |                |                     |                |                       |                        |                       |                |                |                |                                            |                                |                |                                            |
|                                                   | л, с, ж,<br>ож                           | л, с, ж,<br>ож | л, с, ж,<br>ож            | л, с, ж,<br>ож | л, с, ж,<br>ож      | л, с, ж,<br>ож | л, с, ж,<br>ож        | л, с, ж,<br>ож         | л, с, ж,<br>ож        | л, с, ж,<br>ож | л, с, ж,<br>ож | л, с, ж,<br>ож | л, с, ж,<br>ож                             | л, с, ж,<br>ож                 | л, с, ж,<br>ож | л, с, ж,<br>ож                             |
| Олово и его сплавы                                | 0011                                     | 0011           | 0000                      | 0000           | 0000                | 0000           | 0000                  | 0000                   | 0000                  | 0000           | 0222           | 0011           | 0011                                       | 0011                           | 0000           | 2222                                       |
| Свинец и его сплавы                               | 0222                                     | 0222           | 0011                      | 0011           | 0011                | 0011           | 0000                  | 0000                   | 0000                  | 0011           | 0222           | 0011           | 0111                                       | 0011                           | 0000           | 2222                                       |
| Титан и его сплавы                                | 0000                                     | 0000           | 0000                      | 0000           | 0000                | 0000           | 0000                  | 0000                   | 0000                  | 0000           | 0222           | 1122           | 1122                                       | 1122                           | 0011           | 2222                                       |
| Хромистые стали                                   | 0000                                     | 0000           | 0000                      | 0000           | 0011                | 0000           | 0000                  | 0000                   | 0000                  | 0000           | 0222           | 0222           | 0111                                       | 0222                           | 0222           | 2222                                       |
| Стали углеродистые<br>низколегированные           | 1222                                     | 1222           | 0222                      | 0222           | 0222                | 0222           | 0222                  | 0222                   | 0222                  | 0222           | 0000           | 0222           | 0222                                       | 1222                           | 0022           | 2222                                       |
| Кадмий и кадмиевые<br>покрытия хроми-<br>рованные | 2222                                     | 2222           | 0222                      | 0222           | 1222                | 0222           | 0011                  | 0011                   | 1122                  | 0222           | 0222           | 0000           | 0000                                       | 0000                           | 0000           | 2222                                       |

| Соединяемые металлы<br>и покрытия | Золото, плати-<br>на, палладий,<br>родий | Серебро     | Хромоникеле-<br>вые стали | Хром        | Медь и ее<br>сплавы | Никель      | Олово и его<br>сплавы | Свинец и его<br>сплавы | Титан и его<br>сплавы | Стали       |             |             | Алюминий и<br>его сплавы<br>оксидированные | Цинк и<br>цинковые<br>покрытия |             | Магний и его<br>сплавы оксиди-<br>рованные |
|-----------------------------------|------------------------------------------|-------------|---------------------------|-------------|---------------------|-------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------------------------|--------------------------------|-------------|--------------------------------------------|
|                                   | Условия эксплуатации *1                  |             |                           |             |                     |             |                       |                        |                       |             |             |             |                                            |                                |             |                                            |
|                                   | л, с,<br>ож                              | л, с,<br>ож | л, с,<br>ож               | л, с,<br>ож | л, с,<br>ож         | л, с,<br>ож | л, с,<br>ож           | л, с,<br>ож            | л, с,<br>ож           | л, с,<br>ож | л, с,<br>ож | л, с,<br>ож | л, с,<br>ож                                | л, с,<br>ож                    | л, с,<br>ож | л, с,<br>ож                                |
| Алюминий и его спла-<br>вы        | 2222                                     | 2222        | 0222                      | 0011        | 1222                | 0222        | 0011                  | 0111                   | 1122                  | 0111        | 0222        | 0000        | 0000                                       | 0000                           | 0000        | 2222                                       |
| оксидированные                    |                                          |             |                           |             |                     |             |                       |                        |                       |             |             |             |                                            |                                |             |                                            |
| Цинк и цинковые по-<br>крытия:    |                                          |             |                           |             |                     |             |                       |                        |                       |             |             |             |                                            |                                |             |                                            |
| хроматированные                   | 2222                                     | 2222        | 1222                      | 0222        | 2222                | 0222        | 0011                  | 0011                   | 1122                  | 0222        | 1222        | 0000        | 0000                                       | 0000                           | 0000        | 2222                                       |
| фосфатированные                   | 2222                                     | 2222        | 1222                      | 0122        | 0011                | 0011        | 0000                  | 0000                   | 0011                  | 0222        | 0022        | 0000        | 0000                                       | 0000                           | 0000        | 2222                                       |
| Магний и его сплавы               | 2222                                     | 2222        | 2222                      | 2222        | 2222                | 2222        | 2222                  | 2222                   | 2222                  | 2222        | 2222        | 2222        | 2222                                       | 2222                           | 2222        | 0000                                       |
| оксидированные                    |                                          |             |                           |             |                     |             |                       |                        |                       |             |             |             |                                            |                                |             |                                            |

Обозначения: 0 — при соприкосновении коррозии не происходит; 1 — при соприкосновении возможна незначительная коррозия; 2 — при соприкосновении возникает сильная коррозия.

\*1 Условия эксплуатации: л — легкие; с — средние; ж — жесткие; ож — очень жесткие.

| Покрытие  | Способ получения                       | Свойства покрытий                                                                                                                                                                                                                                                                 | Назначение                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Цинковое  | Диф, Мет, Гор, катодное восстановление | 45—50 НВ; интервал рабочих температур $-70 \div 250^{\circ}\text{C}$ ; обладают хорошим сцеплением с деталью; хорошо работают на изгиб; низкая износостойкость                                                                                                                    | Защита от коррозии стали, чугуна, меди и ее сплавов                                                                                                                                                                         |
| Кадмиевое | Катодное восстановление                | 12—40 НВ; интервал рабочих температур $\pm 60^{\circ}\text{C}$ ; обладают высокой пластичностью, хорошо паяются, выдерживают изгиб, развальцовку, вытяжку, хорошо притираются, устойчивы в морской среде, щелочных растворах, неустойчивы в среде сернистых газов, масел, бензина | Защита от коррозии, в том числе в морских условиях; для обеспечения притирочных свойств деталям при сборке                                                                                                                  |
| Никелевое | Хим, катодное восстановление           | 150—600 НВ; легко полируются; коррозионно-стойкие при температурах до $+650^{\circ}\text{C}$                                                                                                                                                                                      | Защита от коррозии пружин, корпусов и других деталей; декоративная отделка; придание поверхностной твердости, получение светоотражающей или светопоглощающей (черный никель) поверхности. Придание магнитных свойств (Н-Ко) |

| Покрытие                  | Способ получения                       | Свойства покрытий                                                                                                                                                                                                                                                         | Назначение                                                                                                                                                        |
|---------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Хромовое                  | Диф, катодное восстановление           | 750—110 НВ; химически стойкие, за исключением среды соляной кислоты, галогеноводородных соединений; устойчивы в условиях тропического климата                                                                                                                             | Защита от коррозии, декоративная отделка, увеличение твердости деталей, работающих на трение; получение светопоглощающей (черной) или светоотражающей поверхности |
| Медное                    | Хим, Мет, Вж, катодное восстановление  | 60—150 НВ; электрическое сопротивление при 18 °С равно $1,682 \cdot 10^{-6}$ Ом·см; обладают высокой прочностью сцепления, эластичностью, выдерживают глубокую вытяжку, развальцовку, хорошо паяются, полируются, быстро окисляются                                       | Обеспечение способности к пайке, электропроводимости, экранирование от магнитного потока                                                                          |
| Оловянное и его сплавами  | Хим, Гор, Мет, катодное восстановление | 15—20 НВ; эластичны; устойчивы к сероводороду, органическим кислотам, воздействию тропического климата; выдерживают изгибы, вытяжку, развальцовку                                                                                                                         | Защита при азотировании, гуммировании, защита от коррозии, обеспечение способности к пайке (О-Вп); декоративная отделка (О-Н)                                     |
| Серебряное и его сплавами | Хим, Вж, катодное восстановление       | 50—150 НВ; электрическое сопротивление при 18 °С равно $1,5 \cdot 10^{-6}$ Ом·см; отражательная способность свежего покрытия 90—95 %; хорошо паяются; износостойкость пониженная; у сплавов Ср-Су твердость до 22 НВ; тускнеют и темнеют в атмосфере серы, хлора, аммиака | Улучшение электропроводимости, износостойкости (Ср-Су, Ср-П); обеспечение отражательной способности                                                               |



| Покрытие               | Способ получения             | Свойства покрытий                                                                                                                                                                                                         | Назначение                                                                 |
|------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Золотом и его сплавами | Хим, катодное восстановление | 40—100 НВ; электрическое сопротивление при 18 °С равно $2,213 \cdot 10^{-6}$ Ом·см; обладают высокой теплопроводностью, хорошо обеспечивают сварку. Сплавы Зл-Ср, Зл-Н, Зл-К износостойки и обладают твердостью НВ до 200 | Снижение переходного сопротивления контактов; повышение их износостойкости |
| Палладиевое            | То же                        | 200—350 НВ; электрическое сопротивление при 18 °С равно $10,8 \cdot 10^{-6}$ Ом·см; в контакте с пластмассами на покрытии образуются темные пленки, увеличивающие переходное сопротивление                                | Обеспечение электропроводимости, снижение износостойкости контактов        |
| Родиевое               | »                            | 400—800 НВ; отражательная способность 73—75 %; покрытия стойки к кислотам, щелочам                                                                                                                                        | Повышение электропроводимости, износостойкости, отражательной способности  |

## 81. Свойства и назначение неорганических неметаллических покрытий

| Покрытие | Материал деталей                          | Свойства                                                                                                      | Назначение                                                                                     |
|----------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Оксидное | Сталь, медь и ее сплавы, магниевые сплавы | Защитные свойства невысокие, повышаются при обработке покрытий маслами, лаками, гидрофобизирующими жидкостями | Межоперационное хранение; декоративная отделка и защита от коррозии (медь, магний и их сплавы) |

| Покрытие                           | Материал деталей                                                              | Свойства                                                                                                                                                                                                                                                                     | Назначение                                                                                                                                                         |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Окисно-фторидное; окисно-фосфатное | Алюминий и его сплавы                                                         | Обладают эластичностью, хорошей адгезией с металлом; окисно-фосфатное покрытие неэлектропроводно, является хорошим грунтом под окраску                                                                                                                                       | Декоративная отделка и защита от коррозии                                                                                                                          |
| Хроматно-фторидное                 | То же                                                                         | Обладают токопроводящими свойствами, стабильностью переходного сопротивления, являются хорошим грунтом под окраску, механически непрочны                                                                                                                                     | Обеспечение стабильного переходного сопротивления                                                                                                                  |
| Фосфатное                          | Стали                                                                         | Обладают высоким электрическим сопротивлением, термостойкостью до $+300^{\circ}\text{C}$ , не подвергаются пайке и сварке; защитные способности появляются после дополнительной обработки маслами, лаками                                                                    | Защита от коррозии, создание непроводящего поверхностного слоя                                                                                                     |
| Пассивное                          | Стали, медь и ее сплавы                                                       | Для повышения коррозионной стойкости применяют дополнительную пропитку маслами, лаками                                                                                                                                                                                       | Защита от коррозии                                                                                                                                                 |
| Окисное анодизационное             | Алюминий и его сплавы; медь и ее сплавы, магниевые сплавы, титан и его сплавы | Твердость покрытия на алюминии и его сплавах 28—44 НВ, электроизоляционные покрытия имеют пробивное напряжение до 600 В; электрическая прочность возрастает при пропитке покрытия лаками; эмалевые пленки на алюминии и окисные на титане обладают износостойкими свойствами | Защита от коррозии, придание электроизоляционных свойств; получение светопоглощающей поверхности (медь), защита от задиоров при трении (титан), грунты под окраску |

| Материал                               | Толщина покрытия, мм | Материал детали |   |   |   | Грунт под покрытие | Температура нагрева, °С, в зависимости от метода нанесения покрытия |     |     | δ, % | Рабочая температура, °С | Покрытие стойко в среде |   |   |   |   | Поверхности детали |   |   |   |
|----------------------------------------|----------------------|-----------------|---|---|---|--------------------|---------------------------------------------------------------------|-----|-----|------|-------------------------|-------------------------|---|---|---|---|--------------------|---|---|---|
|                                        |                      | М               | Д | Б | Т |                    | Н                                                                   | П   | СВ  |      |                         | к                       | щ | о | б | с | в                  | н | д | т |
| Полиэтилен ВД                          | 0,1—1                | +               | + |   | + | —                  | —                                                                   | 240 | —   | 200  | —50÷100                 | +                       | + | — | + | + | +                  | + | + | — |
| Полиэтилен НД                          | 0,1—1                | +               | + | + |   | —                  | 280                                                                 | —   | 220 | 200  | —50÷100                 | +                       | + | — | + | + | +                  | + | + | — |
| Полиизобутилен ПГС                     | 0,5—2                | +               | + |   | + | Клей 88-Н          | —                                                                   | 20  | —   | 200  | —40÷80                  | +                       | + | — | — | + | +                  | — | — | — |
| Полипропилен                           | 0,1—1                | +               | + | + |   | —                  | 250                                                                 | —   | —   | 200  | —30÷150                 | +                       | + | — | + | + | +                  | + | + | + |
| Винипласт                              | 0,3—1                | +               |   | + |   | ХГС                | —                                                                   | 170 | —   | 15   | —30÷70                  | +                       | + | + | + | + | +                  | — | — | — |
| Поливинилхлоридная паста               | 0,1—1                | +               | + |   | + | —                  | —                                                                   | —   | 160 | 100  | —30÷70                  | +                       | + | + | + | + | +                  | + | + | + |
| Фторопласт-4Д, 4ДП                     | 0,05                 | +               |   |   |   | —                  | —                                                                   | —   | 370 | 75   | —200÷250                | +                       | + | + | + | + | +                  | + | — | + |
| Фторопласт-3, 3М                       | 0,15                 | +               |   |   |   | —                  | —                                                                   | —   | 330 | 75   | —100÷120                | +                       | + | + | + | + | +                  | + | — | + |
| Масса на основе поливинилбутирала      | 0,1—1                | +               |   |   |   | —                  | 320                                                                 | —   | 240 | 50   | —40÷120                 | +                       | + | — | + | — | —                  | + | + | + |
| ПНФ-12, ТПФ-37                         |                      |                 |   |   |   |                    |                                                                     |     |     |      |                         |                         |   |   |   |   |                    |   |   |   |
| Капрон; полиамид П-68; полиамид П-АК-7 | 0,1—1                | +               |   |   |   | —                  | 260—300                                                             | —   | 220 | 30   | —40÷120                 | —                       | + | — | + | + | +                  | + | + | + |

| Материал                              | Толщина покрытия, м | Материал детали |   |   |   | Грунт под покрытие | Температура нагрева, °С, в зависимости от метода нанесения покрытия |   |     | δ, % | Рабочая температура, °С | Покрытие стойко в среде |   |   |   |   | Поверхности детали |   |   |   |
|---------------------------------------|---------------------|-----------------|---|---|---|--------------------|---------------------------------------------------------------------|---|-----|------|-------------------------|-------------------------|---|---|---|---|--------------------|---|---|---|
|                                       |                     | М               | Д | Б | Т |                    | Н                                                                   | П | СВ  |      |                         | к                       | щ | о | б | с | в                  | н | д | т |
| Эпоксидная смола с стекловолокном     | 0,5—2               | +               |   | + |   | —                  | 20                                                                  | — | —   | 10   | —40÷100                 | +                       | + | — | + | + | +                  | + | — | — |
| Сырая резина на каучуках:<br>СКБ, СКС | 0,5—2               | +               |   |   | + | Клей лейко-нат     | —                                                                   | — | 150 | 200  | —40÷90                  | +                       | + | — | — | + | +                  | + | — | + |
| СКН-40                                | 0,5—2               | +               |   |   | + | То же              | —                                                                   | — | 150 | 200  | —40÷90                  | +                       | + | + | + | + | +                  | + | — | + |
| Жидкий найрит                         | 0,5—2               | +               |   |   |   | —                  | 20                                                                  | — | —   | 200  | —40÷90                  | +                       | + | + | + | + | +                  | + | — | — |

Условные обозначения: 1. Знак «+» означает пригодность, знак «—» — непригодность покрытия для данных материалов и условий.

2. Материал детали: М — металл; Д — дерево; Б — бетон; Т — ткань.

3. Метод нанесения покрытия: Н — напыление; П — плакирование; СВ — спекание или вулканизация.

4. Среда: к — кислота; щ — щелочь; о — окислители; б — бензин; с — спирт.

5. Поверхности детали: в — внутренние; н — наружные; д — декоративные; т — трущиеся.

### 83. Условные обозначения групп лакокрасочных материалов по назначению (ГОСТ 9825—73)

| Группа                                                        | Обозначение | Группа              | Обозначение |
|---------------------------------------------------------------|-------------|---------------------|-------------|
| Атмосферостойкие                                              | 1           | Маслобензостойкие   | 6           |
| Ограниченно атмосферостойкие (под навесом и внутри помещений) | 2           | Химически стойкие   | 7           |
| Водостойкие                                                   | 4           | Термостойкие        | 8           |
| Специальные                                                   | 5           | Электроизоляционные | 9           |
|                                                               |             | Консервационные     | 3           |

### 84. Классификация лакокрасочных материалов по составу пленкообразователя (ГОСТ 9825—73)

| Наименование смол, эфиров, целлюлозы, масел | Обозначение | Наименование смол, эфиров, целлюлозы, масел | Обозначение |
|---------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------|-------------|
| Канифольные                                 | КФ          | Меламиновые                                 | МЛ          |
| Битумные                                    | БТ          | Мочевинные                                  | МЧ          |
| Глифталевые                                 | ГФ          | Фенолалкидные                               | ФА          |
| Фенольные                                   | ФЛ          | Эпоксидные                                  | ЭП          |
| Полиэфирные ненасыщенные                    | ПЭ          | Эпоксифирные                                | ЭФ          |
| Алкидно- и масляно-стирольные               | МС          | Дивинилацетиленовые                         | ВН          |
| Полиуретановые                              | УР          | Поливинилацетиленовые                       | ВЛ          |
| Полиакриловые                               | АК          | Масляные                                    | МА          |
| Сополимерно-акриловые                       | АС          | Кремнийорганические                         | КО          |
| Нитроцеллюлозные                            | НЦ          | Полиамидные                                 | АД          |
| Этилцеллюлозные                             | ЭЦ          | Пентафтальные                               | ПФ          |
| Перхлорвиниловые                            | МВ          | Фторопластовые                              | ФП          |
| Сополимерно-винилхлоридные                  | ХС          |                                             |             |

## 85. Свойства и назначение грунтовок и шпатлевок

| Наименование, марка<br>(ГОСТ, ТУ)                        | Цвет *1 | Режим сушки          |                   | Свойства и назначение                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------|---------|----------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                          |         | Темпера-<br>тура, °C | Длитель-<br>ность |                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Грунтовки                                                |         |                      |                   |                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Сополимеры вини-<br>хлорида:<br>ХС-010<br>(ГОСТ 9355—81) | К—К     | 18—23<br>60          | 1 ч<br>0,5 ч      | Наносят на черные металлы, медь и ее сплавы, под перхлорвиниловые и сополимерные эмали в комплексе химически стойких, атмосферостойких, масло- и бензостойких покрытий. Подготовка поверхности — пескоструйная, дробеструйная обработка, фосфатирование |
| ХС-059<br>(ГОСТ 23494—79)                                | К—К     | 18—23                | 24 ч              | Наносят на черные металлы, алюминий и его сплавы под сополимерные и перхлорвиниловые эмали в комплексе химически стойких и атмосферостойких покрытий                                                                                                    |
| Глифталевая<br>ГФ-0119<br>(ГОСТ 23343—78)                | К—К     | 18—23<br>100—<br>110 | 12 ч<br>35 мин    | Наносят на черные металлы, медь и ее сплавы под различные эмали; обладают удовлетворительной противокоррозионной стойкостью, масло-стойкостью                                                                                                           |

Продолжение табл. 85

| Наименование, марка<br>(ГОСТ, ТУ)                              | Цвет *1 | Режим сушки                   |                           | Свойства и назначение                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                |         | Температура, °С               | Длительность              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Фенольно-формальдегидные ФЛ-03К, ФЛ-03Ж (ГОСТ 9109—81)         | К—К     | 10—23<br>100—<br>110<br>175   | 12 ч<br>35 мин<br>15 мин  | Наносят под различные эмали; обладают повышенной противокоррозионной стойкостью; ФЛ-03К наносят на черные металлы, медь и ее сплавы, припой; ФЛ-03Ж наносят на коррозионно-стойкие стали, алюминий                                                                                                             |
| Масляные:<br>КФ-030 (МРТУ 10-698—67)<br>ФЛ-086 (ГОСТ 16302—79) | Ж<br>Ж  | 18—23<br>70—80<br>18—23<br>80 | 40 ч<br>4 ч<br>5 ч<br>2 ч | Наносят на алюминий и его сплавы в комплексе атмосферостойких покрытий; КФ-030 под масляные, глифталевые, пентафталевые, меламинные, мочевиновые, фенольные, кремнийорганические покрытия; ЛФ-086 под перхлорвиниловые, нитроцеллюлозные, масляные, глифталевые, пентафталевые, меламинные и мочевиновые эмали |
| Алкидно-стирольная МС-015                                      | К—К     | 18—23                         | 2 ч                       | Наносят на черные металлы в комплексе с алкидно-стирольными эмалями для покрытий внутри помещений                                                                                                                                                                                                              |
| Акриловая АК-070                                               | Ж       | 18—23                         | 1 ч                       | Наносят на оксидированные алюминиевые и магниевые сплавы, на места паяк припоями ПОС40; ПОС61 под сополимерные и перхлорвиниловые эмали                                                                                                                                                                        |

Продолжение табл. 85

| Наименование, марка<br>(ГОСТ, ТУ)         | Цвет *1 | Режим сушки                          |                    | Свойства и назначение                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------|---------|--------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                           |         | Темпера-<br>тура, °С                 | Длитель-<br>ность  |                                                                                                                                                                                                                              |
| Поливинилбути-<br>ральные ВЛ-02;<br>ВЛ-08 | Ж       | 18—23                                | 15 мин             | Наносят на цветные металлы под перхлорвиниловые, масляные, глифталевые, пентафталевые, а при окраске черных металлов под алкидно-стирольные и поливинилбутиральные эмали в комплексе атмосферостойких и водостойких покрытий |
| Эпоксидная ЭП-09Т                         | Ж,<br>К | 150                                  | 1 ч                | Наносят на черные и цветные металлы под эпоксидные, нитро-эпоксидные эмали в комплексе атмосферостойких покрытий без воздействия солнечной радиации                                                                          |
| Шпатлевки (ГОСТ 10277—76)                 |         |                                      |                    |                                                                                                                                                                                                                              |
| Перхлорвиниловые:<br>ХВ-005               | С       | 18—23<br>60                          | 2,5 ч<br>1 ч       | Наносят под сополимерные и перхлорвиниловые эмали. При применении других эмалей шпатлевки необходимо перекрыть грунтовкой; ХВ-005 применяют для сплошного и местного шпатлевания; ХВ-004 — только для местного               |
| ХВ-004                                    | З       | 18—23                                | 2 ч                |                                                                                                                                                                                                                              |
| Пентафталевая<br>ПФ-002                   | К—К     | 18—23<br>или<br>18—23<br>затем<br>80 | 24 ч<br>3 ч<br>1 ч |                                                                                                                                                                                                                              |



Продолжение табл. 85

| Наименование, марка<br>(ГОСТ, ТУ) | Цвет *1   | Режим сушки          |                   | Свойства и назначение                                                                                                                                                |
|-----------------------------------|-----------|----------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                   |           | Темпера-<br>тура, °С | Длитель-<br>ность |                                                                                                                                                                      |
| Масляная КФ-003                   | К,<br>Защ | 100                  | 1 ч               | Применяют для сплошного и жесткого шпатлевания под масляные и глифта-левые и пентафтале-вые эмали для покры-тий, стойких внутри помещения                            |
| Нитроцеллюлозная<br>НЦ-007        | К—К       | 18—23                | 1 ч               | Применяют для ис-правления незначи-тельных дефектов под нитроцеллюлозные эмали                                                                                       |
| Алкидно-стироль-<br>ная МС-006    | Р         | 18—23                | 15 мин            | Применяют для ис-правления дефектов под меламинные, моче-винные, глифтале-вые, пентафталевые алкидно-стирольные эмали                                                |
| Эпоксидные;<br>ЭП-0010            | К—К       | 18—23                | 24 ч              | Применяют как са-мостоятельное хими-чески стойкое покры-тие и с перекрытием эпоксидными эмаля-ми, для выправки де-фектов глубиной до 2 мм, а с наполните-лем до 5 мм |
| ЭП-0020                           | К         | 18—23                | 24 ч              | Применяют для вы-правки углублений глубиной до 5 мм; в качестве грунтовки под эпоксидные эмали                                                                       |

\*1 К — красный; К—К — красно-коричневый; Ж — жел-тый; С — серый; З — зеленый; Р — розовый; Защ — защитный; Ч — черный.

## 86. Свойства и назначение лакокрасочных материалов

| Способ нанесения покрытий                                                                                                                                                       | Условия сушки, характеристика покрытий |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <p style="text-align: center;"><b>Пентафталевые ПФ</b></p> <p>Кистью, распылением, обливанием, окунанием, в электростатическом поле (по глифталевым и фенольным грунтовкам)</p> |                                        |
| <p style="text-align: center;"><b>Глифталевые ГФ</b></p> <p>То же</p>                                                                                                           |                                        |
| <p style="text-align: center;"><b>Меламиноалкидные МЛ</b></p> <p>Распылением пневматическим и в электростатическом поле (по глифталевым и фенольным грунтовкам)</p>             |                                        |
| <p style="text-align: center;"><b>Мочевинные МЧ</b></p> <p>То же, что для пентафталевых</p>                                                                                     |                                        |
| <p style="text-align: center;"><b>Фенольные смолы ФП</b></p> <p>Распылением, окунанием, кистью (по фенольным грунтовкам)</p>                                                    |                                        |

Высыхают при 18—23 °С за 24—28 ч; при 100—110 °С за 3—4 ч. Покрытия эластичны, устойчивы к механическим воздействиям, атмосферостойки. Имеют хороший глянец. Применяют для окраски приборов и других изделий

Высыхают при 18—23 °С за 24—36 ч; при 80—100 °С за 1,5 ч. Характеристики близки к характеристикам пентафталевых, но атмосферостойкость ниже. Применяют для защитной и декоративной окраски приборов и машин

Высыхают при 110—140 °С за 1—1,5 ч. Обладают высокой твердостью, эластичностью, хорошим глянцем, высокой атмосферостойкостью. Применяют для декоративной окраски приборов и машин

На древесине высыхают в естественных условиях при добавлении отвердителя (соляная кислота, контакт Петрова); на металлах высыхают при 120—140 °С. Обладают высокой твердостью, зеркальным блеском, бензомаслостойкостью. Применяют для окраски металлических и деревянных изделий

Высыхают при 18—23 °С за 24—30 ч; при 180 °С за 30 мин. Эластичны с высокой твердостью, атмосферостойки (содержат растительные масла). Применяют для окраски металлических изделий

| Способ нанесения покрытий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Условия сушки, характеристика покрытий |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <p style="text-align: center;"><b>Эпоксидные смолы ЭП</b></p> <div> <div data-bbox="44 392 359 606"> <p>Распылением, кистью (по эпоксидным, фенольным, поливинилацетатным грунтовкам и эпоксидным, перхлорвиниловым шпатлевкам)</p> </div> <div data-bbox="390 392 1005 725"> <p>Для высыхания добавляют отвердитель (№ 1, АЭ-4). Сушат при 18—23 °С 25 ч или при 120—180 °С в течение 1—2 ч. Обладают высокой твердостью, атмосферостойкостью, бензостойкостью, водостойкостью, стойкостью к воздействию щелочей, длительной теплостойкостью при 200 °С, стойкостью к температурным перепадам —60÷+200 °С, высокими электроизоляционными свойствами. Применяют для окраски металлических изделий</p> </div> </div> |                                        |
| <p style="text-align: center;"><b>Полиэфиры ненасыщенные ПЭ</b></p> <div> <div data-bbox="44 859 359 982"> <p>Распылением, поливом (по порозаполнителю, шпатлевке и без них)</p> </div> <div data-bbox="390 859 1005 1016"> <p>Сушка ступенчатая: 18—23 °С 20 мин, затем 60 °С 30 мин. Обладают стойкостью к действию воды и растворителей, нагреву и охлаждению. Применяют для высококачественной окраски деревянных корпусов</p> </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                        |
| <p style="text-align: center;"><b>Полиуретановые УР</b></p> <div> <div data-bbox="44 1146 359 1269"> <p>Распылением, окунанием, кистью (по грунтовке УР-01 или по металлу)</p> </div> <div data-bbox="390 1146 1005 1357"> <p>Высыхают при 18—23 °С за 9 ч или при 120 °С за 1,5 ч. Обладают газонепроницаемостью, твердостью, бензостойкостью, эластичностью, стойкостью к истиранию. Применяют для окраски изделий из черных и цветных металлов, анодированного дуралюмина</p> </div> </div>                                                                                                                                                                                                                      |                                        |
| <p style="text-align: center;"><b>Нитроцеллюлозные НЦ</b></p> <div> <div data-bbox="44 1487 359 1585"> <p>Распылением (по глифталевым и фенольным грунтовкам)</p> </div> <div data-bbox="390 1487 1005 1644"> <p>Высыхают при 18—23 °С за 30 мин. Стойки к минеральным маслам, бензину, слабым щелочам. Пожаро- и взрывоопасны. Применяют для окраски изделий из металла и древесины</p> </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                        |

Продолжение табл. 86

| Способ нанесения покрытий                                             | Условия сушки, характеристика покрытий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Перхлорвиниловые ХВ</b>                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Распылением (по глифталевым, фенольным и перхлорвиниловым грунтовкам) | Высыхают при 18—23 °С за 1—3 ч или при 60 °С за 0,5—1 ч. Для окончательного отверждения необходима выдержка при 18—23 °С не менее 7 суток. Обладают атмосферостойкостью, химической стойкостью, бензо- и маслостойкостью, невысокой светостойкостью и термостойкостью. Применяют для окраски изделий из металла и древесины, в том числе подвергающихся кратковременному воздействию морской и пресной воды |
| <b>Сополимеры винилхлорида ХС</b>                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Распылением (по глифталевым и перхлорвиниловым грунтовкам)            | Высыхают при 18—23 °С за 1—3 ч или при 60 °С за 0,5—1 ч. Обладают большей адгезией, химической стойкостью и морозостойкостью, чем перхлорвиниловые. Применяют для окраски оптических приборов                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Алкидно-стирольные МС</b>                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Распылением пневматическим в электрическом поле, кистью               | Высыхают при 18—23 °С за 1,5—2 ч. Обладают твердостью, стойкостью к повышенной влажности, соевым растворам, маслам, бензину, щелочным эмульсиям. Применяют для исправления дефектов в процессе окраски молотковыми эмалями (МП)                                                                                                                                                                             |
| <b>Каучуки КЧ</b>                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Пневматическим распылением                                            | Высыхают при 150—180 °С за 1 ч; обладают твердостью, эластичностью, атмосферостойкостью, бензо- и маслостойкостью. Применяют для окраски оптико-механических приборов                                                                                                                                                                                                                                       |

| Способ нанесения покрытий                                                                 | Условия сушки, характеристика покрытий                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Кремнийорганические КО</b>                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Распылением, кистью                                                                       | Высыхают при 18—23 °С за 24 ч или при 150—170 °С за 2 ч. Обладают повышенной термостойкостью (250—500 °С), атмосферостойкостью, водо-, бензо- и маслостойкостью. Применяют для окрашивания изделий из фосфатированных сталей и анодированных алюминиевых сплавов, работающих при повышенных температурах |
| <b>Полиакриловые АК, АС</b>                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Распылением (по эпоксидным, фенольным и полиакриловым грунтам)                            | Высыхают при 18—23 °С за 24 ч или при 100 °С за 2 ч. Покрытие атмосферостойко к смазкам и спиртам, маслостойко. Применяют для окраски шкал приборов, стекло-текстолита, деталей приборов и машин                                                                                                         |
| <b>Поливинилацетальные ВЛ</b>                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Распылением, окуна-нием, кистью                                                           | Высыхают при 18—23 °С за 24 ч или при 120 °С за 1—4 ч. Покрытие водостойкое, масло- и бензостойкое. Применяют для окраски изделий из сталей, алюминиевых и магниевых сплавов, работающих при повышенной температуре в среде бензина и минеральных масел                                                  |
| <b>Битумы БТ</b>                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| То же                                                                                     | Высыхают при 18—23 °С за 20—24 ч. Покрытия влагостойкие и химически стойкие. Применяют в электроаппаратостроении                                                                                                                                                                                         |
| <b>Маслянолаковые (канифольные) КФ</b>                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Распылением, окуна-нием, кистью, в электрическом поле (без грунтовки по металлу и дереву) | Высыхают при 18—23 °С за 24—30 ч или при 60—65 °С за 4 ч. Покрытия атмосферостойки, эластичны. Применяют для окраски деталей, приборов и машин, декоративной окраски металлических и деревянных поверхностей                                                                                             |

**87. Возможные сочетания грунтовок с эмалями (лаками)  
и материалами окрашиваемых поверхностей**

| Материалы окрашиваемых поверхностей | Грунтовка                          | Эмали и лаки |    |    |    |    |     |    |
|-------------------------------------|------------------------------------|--------------|----|----|----|----|-----|----|
|                                     |                                    | ПФ, ГФ       | МЛ | МЧ | ФЛ | ЭП | МС  | НЦ |
| Черные металлы                      | ГФ-020; ФЛ-03К;<br>ФЛ-03Ж          | +            | +  | +  | +  | +  | +*2 | +  |
| Алюминий и его сплавы               | ФЛ-03Ж, ГФ-031                     | +            | +  | +  | +  | -  | *2  | +  |
| Медь, латунь, бронза                | ФЛ-03К; ФЛ-03КК                    | +            | +  | -  | +  | -  | *3  | +  |
| Магниеые сплавы                     | ФЛ-03Ж; ГФ-031                     | +            | +  | -  | +  | -  | -   | +  |
| Цинк                                | ФЛ-03Ж; ГФ-031                     | +            | +  | +  | +  | -  | -   | +  |
| Сталь кадмированная                 | ФЛ-03Ж; ФЛ-03К;<br>ФЛ-03КК; ГФ-031 | +            | +  | +  | +  | -  | -   | +  |

| Материалы окрашиваемых поверхностей | Грунтовка                          | Эмали и лаки |    |                   |                         |    |     |    |
|-------------------------------------|------------------------------------|--------------|----|-------------------|-------------------------|----|-----|----|
|                                     |                                    | ХВ           | ХС | К. КО *1          | АС, АК                  | ВЛ | БТ  | КФ |
| Черные металлы                      | ГФ-020; ФЛ-03К;<br>ФЛ-03Ж          | +            | +  | +*2               | +                       | *3 | +*3 | +  |
| Алюминий и его сплавы               | ФЛ-03Ж; ГФ-031                     | +            | +  | ФЛ-03Ж;<br>КФ-030 | *2<br>ФЛ-03Ж;<br>ЭП-09Т | *3 | —   | +  |
| Медь, латунь, бронза                | ФЛ-03К; ФЛ-03КК                    | +            | +  | —                 | +                       | *3 | —   | *3 |
| Магниевые сплавы                    | ФЛ-03Ж; ГФ-031                     | +            | +  | —                 | ФЛ-03Ж;<br>ЭП-09Т       | *3 | —   | +  |
| Цинк                                | ФЛ-03Ж; ГФ-031                     | +            | +  | —                 | ФЛ-03Ж;<br>ЭП-09Т       | —  | —   | +  |
| Сталь кадмированная                 | ФЛ-03Ж; ФЛ-03К;<br>ФЛ-03КК; ГФ-031 | +            | +  | —                 | +                       | *3 | —   | +  |

Примечания: 1. Обозначения эмалей и лаков: ПФ и ГФ — алкидные; МЛ — меламинные; МЧ — мочевиновые; ФЛ — фенольные; ЭП — эпоксидные; МС — алкидно-стирольные; НЦ — нитроцеллюлозные; ХВ — перхлорвиниловые; ХС — на основе сополимеров винилхлорида; К, КО — кремнийорганические; АС, АК — полиакриловые; ВЛ — поливинилацетальные; БТ — битумные; КФ — масляные эмалн.

2. Знак «+» означает пригодность, знак «—» непригодность для данных эмалей (лаков); марки грунтовок рядом со знаком являются дополнительно применимыми.

\*1 Для эксплуатации при высоких температурах.

\*2 Эмали (лаки) можно наносить без грунтовок.

\*3 Эмали (лаки) наносят без грунтовок.

## 88. Классификация покрытий по внешнему виду

| Класс покрытия | Характеристика внешнего вида                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I              | Поверхность ровная, гладкая, однотонная; не допускаются дефекты поверхности, видимые без применения увеличительных приборов                                                                                                                                             |
| II             | Поверхность ровная, гладкая, однотонная или с характерным рисунком. Допускаются отдельные, малозаметные без применения увеличительных приборов соринки, следы зачистки, риски, штрихи и пр. Рисуночные покрытия должны иметь четкий рисунок без не проявленных участков |
| III            | Поверхность однотонная, гладкая или с характерным рисунком. Допускаются отдельные, заметные без применения увеличительных приборов соринки, следы зачистки, риски и штрихи, а также неровности, связанные с состоянием окрашиваемой поверхности до окраски              |
| IV             | Поверхность однотонная с характерным рисунком. Допускаются различные заметные дефекты, не влияющие на защитные свойства покрытий                                                                                                                                        |

## КЛЕИ И ДРУГИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Клеи предназначены для неразъемного соединения металлов и неметаллических материалов (табл. 89—91).

Древесина различных пород имеет свойства, приведенные в табл. 92.

Пиломатериалы изготовляют из древесины хвойных и лиственных пород. По размерам поперечного сечения пиломатериалы подразделяют на доски (ширина более двойной толщины), бруски (ширина не более двойной толщины), брусья (толщина и ширина более 100 мм). Доски выпускают шириной 80, 90, 100, 110, 130, 150, 180, 200, 220 и 250 мм и толщиной 13, 16, 19, 22, 25, 32, 40, 45, 50, 60, 70, 75 и 100 мм. Сечение брусков 50×100, 60×100, 70×80, 70×100, 75×100, 75×130, 75×150, 100×100, 100×130, 100×150, 100×180 и 100×200 мм. Сечение брусьев 130×130, 130×150, 130×180, 150×150, 150×180, 150×200, 180×180, 180×220, 200×200, 200×250, 220×220, 220×250 и 250×250 мм.

Клееную фанеру выпускают марок ФСФ (повышенной водостойкости) и ФК (средней водостойкости) (ГОСТ 5.1494—72), (склеенная альбуминоказеиновыми клеями).



### 89. Рекомендуемые марки клея для склеивания различных материалов и минимальная рабочая температура, °С

| Марка           | Материалы             |             |            |              |              |           |           |                     |                    |           |                  |            |                             |
|-----------------|-----------------------|-------------|------------|--------------|--------------|-----------|-----------|---------------------|--------------------|-----------|------------------|------------|-----------------------------|
|                 | Пластмассы порошковые | Винилпласты | Полиэтилен | Фторопласт-4 | Полипропилен | Оргстекло | Целлулоид | Древесные материалы | Полистирол блочный | Текстолит | Стеклотекстолиты | Пенопласты | Теплоизоляционные материалы |
| АМК             | —                     | —           | —          | —            | —            | —         | —         | —                   | —                  | —         | —                | —          | 150                         |
| БФ-2 *1         | 60                    | —           | —          | 60           | —            | —         | —         | —                   | —                  | 60        | 60               | —          | —                           |
| БФ-4 *1         | —                     | —           | —          | —            | —            | —         | —         | 60                  | —                  | —         | —                | —          | —                           |
| В-107           | —                     | —           | —          | —            | —            | —         | —         | —                   | —                  | —         | —                | —          | —                           |
| ВИАМ-19         | 80                    | —           | —          | —            | —            | —         | —         | 60                  | —                  | 80        | —                | 80         | 80                          |
| В-31-Ф9         | 80                    | —           | 60         | —            | 80           | 150       | —         | 60                  | —                  | 80        | —                | 100        | 100                         |
| ВК-32-2         | —                     | —           | —          | —            | —            | —         | —         | —                   | —                  | —         | —                | —          | 200                         |
| ВК-32-200       | 200                   | —           | —          | 200          | —            | —         | —         | —                   | —                  | 100       | 200              | —          | —                           |
| ВК-32-ЭМ *1     | 80                    | —           | —          | —            | —            | —         | —         | —                   | —                  | 80        | 80               | 80         | —                           |
| ВКТ-2           | —                     | —           | —          | —            | —            | —         | —         | —                   | —                  | —         | —                | —          | —                           |
| ВКТ-3           | —                     | —           | —          | —            | —            | —         | —         | —                   | —                  | —         | —                | —          | 400                         |
| ВС-10М *1       | 150                   | —           | —          | —            | —            | —         | —         | —                   | —                  | 100       | 150              | —          | —                           |
| ВС-10Т *1       | 150                   | —           | —          | 150          | —            | —         | —         | —                   | —                  | 150       | 150              | —          | —                           |
| ВС-350 *1       | 250                   | —           | —          | 250          | —            | —         | —         | —                   | —                  | 100       | 300              | —          | —                           |
| Карбонильные *1 | 60                    | —           | —          | 20           | —            | —         | —         | —                   | —                  | 60        | —                | —          | —                           |
| К-17 *1         | —                     | —           | —          | —            | —            | —         | —         | 60                  | —                  | —         | —                | —          | —                           |
| К-32-70 *1      | —                     | —           | —          | —            | —            | 100       | —         | —                   | —                  | —         | —                | —          | —                           |
| К-153 *1        | 80                    | —           | —          | 80           | —            | —         | 80        | 60                  | —                  | 80        | 80               | 120        | 80                          |
| Л-4 *1          | 80                    | —           | —          | —            | —            | —         | —         | 60                  | —                  | 80        | 80               | 80         | —                           |
| ПВ-16           | —                     | —           | —          | —            | —            | 60        | —         | —                   | —                  | —         | —                | —          | —                           |
| ПК-5 *1         | 60                    | —           | —          | 60           | —            | —         | —         | —                   | —                  | 60        | —                | —          | —                           |
| ПУ-2 *1         | 80                    | 60          | 60         | 80           | 80           | 150       | 80        | 60                  | 60                 | 80        | 80               | 120        | —                           |
| ПУ-2М *1        | 80                    | 60          | 60         | 80           | 60           | —         | 80        | 60                  | 60                 | 80        | —                | 80         | 100                         |
| № 88            | —                     | —           | 20         | —            | 20           | —         | —         | —                   | —                  | —         | —                | —          | 80                          |

**Примечание.** Склеивание полиэтилена, полипропилена, фторопласта-4 возможно только по обработанной химическим или другим способом поверхности материала.

\*1 Клеи пригодны для склеивания металлов с указанными в таблице материалами, если температурный режим склеивания не превышает рабочую температуру материала.

### 90. Типовые режимы склеивания различных материалов синтетическими клеями

| Марка клея                     | Температура, °C | Давление, МПа | Выдержка до отверждения, ч |
|--------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|
| Для металлов                   |                 |               |                            |
| К-153                          | 25              | 0,1—1,5       | 16—20                      |
| БФ-2, БФ-4                     | 140—150         | 1,0—2,0       | 1                          |
| ВС-10Т                         | 180             | 0,05—0,2      | 1—2                        |
| ВК-32-ЭМ                       | 150             | 0,05—0,3      | 3                          |
| ВС-10М                         | 180             | 0,3—1,0       | 2—3                        |
| ВК-32-200                      | 180             | 1,0—2,0       | 1—2                        |
| П-4                            | 120             | 0,01—0,73     | 4                          |
| ПК-5                           | 80              | 0,05—0,3      | 6                          |
| ПУ-2М                          | 105             | 0,05—0,3      | 4                          |
| ВС-350                         | 200             | 0,1—0,2       | 2                          |
| Карбонильный                   | 20              | 0,03—0,05     | 24—30                      |
| Для неметаллических материалов |                 |               |                            |
| МАС-1                          | 150             | 0,2—0,3       | 0,5                        |
| КТ-15                          | 200             | 0,2—0,3       | 2                          |
| К-17                           | 15              | 0,05—0,3      | 6—8                        |
| № 88                           | 15              | Без давления  | 3                          |
| АМК                            | 105             | То же         | 4                          |
| АК-20                          | 18              | »             | 8                          |
| ВК-32-2                        | 20              | »             | 10                         |
| К-32-70                        | 65              | 0,1—0,15      | 4                          |
| В-31-ф                         | 20              | 0,1—0,3       | 10—12                      |
| ПВ-16                          | 20              | 0,1—0,15      | 4                          |
| В-107                          | 15              | 0,5—0,3       | 10—12                      |
| ВИАМ-БЗ                        | 16              | 0,05—0,5      | 10—12                      |
| ВИАМ-К-12                      | 16              | 0,05—0,5      | 8—10                       |
| ВИАМ-Ф                         | 18              | 0,05—0,5      | 12—15                      |

### 91. Свойства и назначение синтетических клеев

| Марка      | Прочность<br>при 20 °С |                           | Склеиваемые материалы,<br>свойства клея                                                                                                                                      |
|------------|------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | на<br>сдвиг,<br>МПа    | на от-<br>дирание,<br>Н/м |                                                                                                                                                                              |
| Фенольные  |                        |                           |                                                                                                                                                                              |
| БФ—2, БФ—4 | 30                     | 280                       | Металлы, текстолит, аминопла-<br>сты, стекло, древесина, фибра,<br>фарфор, кожа; вибростоек<br>Ткани, резина, войлок между со-<br>бой и для приклеивания его к ме-<br>таллам |
| БФ—6       | —                      | —                         |                                                                                                                                                                              |

Продолжение табл. 91

| Марка       | Прочность<br>при 20 °С |                           | Склеиваемые материалы,<br>свойства клея                                                                                             |
|-------------|------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | на<br>сдвиг,<br>МПа    | на от-<br>дирание,<br>Н/м |                                                                                                                                     |
| ВК—32—200   | 15                     | 320                       | Дуралюмин, стали, текстолиты,<br>пенопласты                                                                                         |
| ВС—350      | 18                     | —                         |                                                                                                                                     |
| ВС—10Т      | 18                     | 320                       |                                                                                                                                     |
| ВС—10М      | 20                     | 320                       |                                                                                                                                     |
| КР—4        | —                      | —                         | Металлы, стеклотекстолиты и тек-<br>столиты                                                                                         |
| КБ—3        | —                      | —                         |                                                                                                                                     |
| Бакелитовые |                        |                           |                                                                                                                                     |
| СБС—2       | —                      | —                         | Пластмассы, тонкие древесные,<br>бумажные и текстильные мате-<br>риалы                                                              |
| Эпоксидные  |                        |                           |                                                                                                                                     |
| ЭД—5, ЭД—6  | —                      | —                         | Металлы, винипласт, оргстекло,<br>фарфор, керамика, древесина,<br>пластмассы, приклеивание вулка-<br>низированной резины к металлам |
| ВК—32—ЭМ    | 25                     | 200                       |                                                                                                                                     |
| ВК—7        | 7,5                    | —                         | Стали, дуралюминий между со-<br>бой и с пенопластами. Стоек в<br>различных кинематических усло-<br>виях                             |
| Л—4         | 4,0                    | —                         | Стали, алюминиевые и титановые<br>сплавы, работающие при темпера-<br>туре от —60 до +250 °С                                         |
| Полиамидные |                        |                           |                                                                                                                                     |
| ПФЭ—2/10    | 6,0                    | 600                       | Металлы, текстолит, древесина,<br>капроновое волокно, полиамид-<br>ные пленки, кожи                                                 |
| ПК—5        | 15                     | —                         | Полиамидная пленка                                                                                                                  |
| МПФ—1       | 17                     | 650                       | Металлы и неметаллические ма-<br>териалы. Эластичен; обладает<br>длительной прочностью                                              |
| Карбонидные |                        |                           |                                                                                                                                     |
| КМ—3        | —                      | —                         | Пластмассы, древесина, бумага,<br>текстильные материалы; вибро-<br>стоек                                                            |
| К—17        | 14                     | —                         |                                                                                                                                     |
| КМ—12       | —                      | —                         |                                                                                                                                     |

Продолжение табл. 91

| Марка                           | Прочность<br>при 20 °С |                            | Склеиваемые материалы,<br>свойства клея                                                                                                                          |
|---------------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 | на<br>сдвиг,<br>МПа    | на от-<br>дираание,<br>Н/м |                                                                                                                                                                  |
| Полиуретановые                  |                        |                            |                                                                                                                                                                  |
| ПУ—2                            | 14                     | —                          | Стали, алюминиевые сплавы между собой и с неметаллическими материалами. Обладает длительной прочностью и выносливостью, стоек в различных климатических условиях |
| ВК—5                            | 7,5                    | —                          | Стали, алюминиевые и титановые сплавы между собой и с неметаллическими материалами, работающие при $\pm 60$ °С в течение 1000 ч; вибростоек                      |
| Перхлорвиниловые                |                        |                            |                                                                                                                                                                  |
| Д—10; М—10                      | —                      | —                          | Поливиниловые пластики между собой и с металлами                                                                                                                 |
| «Лейкопат»                      | —                      | 400                        | Невулканизированная резина с металлами                                                                                                                           |
| Б—10                            | —                      | —                          | Винипласт, ткани и пластики с металлами                                                                                                                          |
| ХВК—2а                          | —                      | —                          | Винипласт, ткани и пластики с металлами                                                                                                                          |
| Глифталевые                     |                        |                            |                                                                                                                                                                  |
| АМК                             | —                      | 750                        | Стекло, теплоизоляция с металлами                                                                                                                                |
| ИП—9                            | —                      | —                          | Силиконовые резины с металлами                                                                                                                                   |
| Металлические                   |                        |                            |                                                                                                                                                                  |
| Мелкадин                        | —                      | —                          | Металлы, керамика, органические полимеры и др.; электропроводен, выдерживает нагрев до 700—800 °С                                                                |
| Фосфатные                       |                        |                            |                                                                                                                                                                  |
| Алюмофосфатный<br>клей          | —                      | —                          | Стекло, ситалл, керамика, металлы (никель, молибден, вольфрам, титан, тантал, ковар, констант), работающие при $-60 \div +1400$ °С                               |
| Цианакриловые                   |                        |                            |                                                                                                                                                                  |
| Циакрин                         | 14                     | —                          | Различные материалы                                                                                                                                              |
| Эпоксидно-фурфурольно-ацетатные |                        |                            |                                                                                                                                                                  |
| БОВ—1                           | —                      | —                          | Металлы и пластмассы, химически стойкие, теплостойкие                                                                                                            |
| БОВ—2                           | —                      | —                          |                                                                                                                                                                  |
| БОВ—3                           | —                      | —                          |                                                                                                                                                                  |

## 92. Свойства древесины

| Порода<br>древесины | Плотность, г/см <sup>3</sup> | Предел проч-<br>ности, МПа       |                                  |                                  | Сопротивление<br>ударному из-<br>гибу | Модуль упру-<br>гости при стати-<br>ческом изгибе | Твердость |         | Линейная усушка,<br>%, не более |
|---------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------|---------|---------------------------------|
|                     |                              | при сжатии<br>вдоль во-<br>локон | при стати-<br>ческом из-<br>гибе | при скаль-<br>вании воло-<br>кон |                                       |                                                   | торцовая  | боковая |                                 |
|                     |                              |                                  |                                  |                                  | МПа                                   |                                                   |           |         |                                 |
| Листвен-<br>ница    | 0,67                         | 54,0                             | 99,0                             | 9,0                              | 0,28                                  | 13,7                                              | 430       | 325     | 13                              |
| Сосна               | 0,50                         | 42,0                             | 79,0                             | 7,0                              | 0,19                                  | 10,1                                              | 240       | 175     | 10                              |
| Кедр                | 0,44                         | 34,0                             | 63,5                             | 6,0                              | 0,145                                 | 8,1                                               | 210       | 115     | 3,2                             |
| Ель                 | 0,47                         | 40,5                             | 75,5                             | 6,5                              | 0,18                                  | 7,9                                               | 210       | 120     | 7,2                             |
| Пихта               | 0,40                         | 34,0                             | 62,0                             | 6,5                              | 0,15                                  | 8,4                                               | —         | —       | 10                              |
| Береза              | 0,65                         | 47,0                             | 92,5                             | 10,0                             | 0,41                                  | 10,2                                              | 390       | 315     | 10,0                            |
| Клен                | 0,71                         | 51,5                             | 107,5                            | 12,0                             | 0,41                                  | 9,4                                               | 740       | 550     | 10,0                            |
| Липа                | 0,47                         | 34,0                             | 61,5                             | —                                | 0,26                                  | 7,1                                               | 165       | 115     | 11,0                            |
| Осина               | 0,50                         | 37,5                             | 68,5                             | 7,0                              | 0,36                                  | 9,1                                               | 260       | 185     | 8,4                             |
| Тополь              | 0,43                         | 31,5                             | 54,5                             | 6,5                              | 0,20                                  | 8,3                                               | 220       | 175     | 8,4                             |
| Ясень               | 0,70                         | 51,0                             | 106,0                            | 11,0                             | 0,38                                  | 12,2                                              | 670       | —       | 8,4                             |
| Дуб                 | 0,71                         | 51,0                             | 94,0                             | 8,0                              | 0,34                                  | 8,5                                               | 570       | 475     | 8,2                             |
| Ольха<br>черная     | 0,52                         | 36,5                             | 72,0                             | —                                | —                                     | 6,0                                               | 330       | 260     | —                               |

Номинальные размеры листов фанеры, мм:

|                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| 2440×1525×(3, 4, 5, 6, 7, 8) | 1525×1525×(9, 10, 12, 15, 18) |
| 2440×1220×(3, 4, 5, 6, 7, 8) | 1525×1220×(9, 10, 12, 15, 18) |
| 2135×1525×(3, 4, 5, 6, 7, 8) | 1525×725×(9, 10, 12, 15, 18)  |
| 1830×1220×(3, 4, 5, 6, 7, 8) | 1220×725×(9, 10, 12, 15, 18)  |
| 1830×1525×(3, 4, 5, 6, 7, 8) | 1220×1220×(9, 10, 12, 15, 18) |

В скобках указана возможная толщина фанеры. Предел прочности при скалывании по клеевому шву должен быть не менее: для березовой фанеры 12 МПа; для прочей 0,6—1,0 МПа.

Бакелизованную фанеру выпускают марок ФБС (склеенная спирторастворимыми смолами), ФБСВ и ФБСВ<sub>1</sub> (склеенные спирто- и водорастворимыми смолами), а также ФБВ и ФБВ<sub>1</sub> (на водорастворимых смолах).

Номинальные размеры листов бакелизованной фанеры, мм:

|              |              |
|--------------|--------------|
| 1500×1200×5  | 5000×1200×14 |
| 1500×1500×7  | 5600×1200×14 |
| 4400×1500×10 | 5600×1500×16 |
| 4900×1250×12 | 7700×1500×18 |

Предел прочности бакелизированной фанеры разных марок должен быть не менее: при скалывании по клеевому шву 1,5 МПа; при растяжении вдоль волокон 60—80 МПа; при статическом изгибе вдоль волокон 90—110 МПа.

Бумажные материалы толщиной до 0,5 мм и массой 1 м<sup>2</sup> до 250 г условно относят к бумаге, а продукцию большей толщины и плотности — к картону.

Различают картон прокладочный, электроизоляционный, технический, тарный, строительный, декоративный и др. Прокладочный картон является бензо- и маслостойким материалом; его выпускают толщиной 0,2; 0,25; 0,5; 0,8; 1,0; 1,5 мм. Влажность 8—10 %; впитываемость за 24 ч не более: воды 12 %, бензина 20 %, масла 25 %. Прокладочный картон можно заменить чертежной бумагой или техническим картоном после смачивания их горячей водой до насыщения и просушивания с последующей пропиткой (20—25 мин при температуре 60—70 °С) растительным маслом и олифой.

Картон электроизоляционный (ГОСТ 2824—86) выпускается марок ЭВС, ЭВП, ЭВТ, ЭВ, ЭВА в листах и рулонах при толщине от 0,1 до 3 мм. Плотность картона 0,95—1,25 г/см<sup>3</sup>; временное сопротивление при растяжении 34—127 МПа; электрическая прочность 8—13 кВ/мм.

Пергамент представляет собой прозрачную маслонепроницаемую влагостойкую бумагу, получаемую обработкой непроклеенной бумаги серной кислотой и последующей щелочной нейтрализацией.

Войлок технический (грубошерстный Г, полугрубошерстный П, тонкошерстный Т) выпускают: а) для сальников С; б) для прокладок ПрП, ПрБ; в) для фильтров Ф; г) для звуко- и теплоизоляции И (грубошерстный). В условное обозначение входит его наименование по виду шерсти, назначению, толщине и номер стандарта. Например: Войлок ГС10 (ГОСТ 6418—81; Г — грубошерстный; С — для сальников; 10 — толщина 10 мм).

Номенклатуру деталей, изготавливаемых из войлоков (табл. 93), регламентируют ГОСТ 6418—81, ГОСТ 6308—71, ГОСТ 288—72. Влажность войлока не более 12 %.

Номинальная толщина войлока: 8—20 мм грубошерстного; 6—20 мм полугрубошерстного; 2,0—10 мм тонкошерстного. Войлок для электротехнической промышленности выпускают по ГОСТ 11025—78.

## 93. Основные свойства войлока

| Тип войлока       | Временное сопротивление при разрыве, Па |                               | Удлинение при разрыве, %, не более |              |
|-------------------|-----------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------|
|                   | для сальников                           | для прокладок                 | для сальников                      | для фильтров |
| Грубошерстный     | $147 \cdot 10^4$                        | $(98 \div 117,6) \cdot 10^4$  | 145                                | 150          |
| Полугрубошерстный | $244 \cdot 10^4$                        | $(117,6 \div 147) \cdot 10^4$ | 140                                | 145          |
| Тонкошерстный     | $343 \cdot 10^4$                        | $294 \cdot 10^4$              | 135                                | 135          |

Примечание. Капиллярность (при толщине войлока 10 мм) для фильтров не менее 45 мм.

## 94. Свойства рыхловолокнистых тепло- и звукоизоляционных материалов

| Марка          | Состав                                                                                       | $\gamma$ , кг/м <sup>3</sup> | Рабочая температура, °C | Теплопроводность $\lambda$ , Вт/(м·°C) |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------------------|
| АСИМ           | Стекловолок между двумя слоями стеклоткани, простеганной стеклянными нитями                  | 110                          | $-60 \div 400$          | 20<br>(при 20 °C)                      |
| АТИМС          | Стекловолокно (5—7 мкм) между двумя слоями стеклоткани, простеганной стеклянными нитями      | 75—85                        | $-60 \div 450$          | 12,8<br>(при 20 °C)                    |
| АТМ-3          | Штапельные стекловолокна (2,5 мкм) между двумя слоями стеклоткани, простеганной стеклонитями | 40—50                        | $-60 \div 450$          | 16,8<br>(при 160 °C)                   |
| АТИМСС         | Стекловолокно со смоляной связкой                                                            | 25                           | $-60 \div +150$         | 12,6                                   |
| Маты:<br>С-100 | Волокно и до 8 % смолы                                                                       | 100                          | До 130                  | 12,6—19<br>(при 30 °C)                 |
| С-125          | То же                                                                                        | 125                          | » 130                   |                                        |
| Плиты          | Короткое волокно и до 15 % синтетических смол                                                | 20—80                        | $-60 \div +100$         | 13,4<br>(при 82 °C)                    |

## 95. Теплоизоляционные конструкционные материалы

| Материал                         | $\gamma$ , г/см <sup>3</sup> | Предел прочности при сжатии, МПа | Теплопроводность, Вт/(м·°C) | Максимальная рабочая температура, °C |
|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| Асбестовый картон                | 0,90                         | —                                | 0,00177+0,15 K              | 500                                  |
| Асбестовый шнур                  | 0,80                         | —                                | 0,0014+0,13 K               | 300                                  |
| Асбослюда (изделия)              | 0,58                         | 25                               | 0,0014+0,13 K               | 300                                  |
| Асбоцементные изоляционные плиты | 0,30                         | 30                               | 0,0075+0,15 K               | 500                                  |
| Вулканит (изделия)               | 0,40                         | 40—45                            | 0,00092+0,1 K               | —                                    |
| Шлаковая (минеральная) вата      | 0,20                         | —                                | 0,0006+0,13 K               | —                                    |
| Стекловолоконная вата            | 0,25—0,30                    | —                                | 0,0004+0,22 K               | 600                                  |
| Газостекло                       | 0,3—0,6                      | 250—650                          | 0,0013+0,15 K               | 500                                  |
| Пенобетон                        | 0,40                         | 40                               | 0,00107                     | 300                                  |
|                                  | 0,50                         | 60                               | 0,0013                      | 300                                  |

Примечание.  $K = 10^{-3} t_{\text{ср}}$  ( $t_{\text{ср}}$  — температура среды, °C).

## 96. Параметры электроизоляционных материалов

| Электроизоляционный материал | Толщина, мм | Количество связующего, % | Электрическая прочность, кВ/мм |
|------------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------------|
| Коллекторный (ГОСТ 2196—75)  | 0,4—1,5     | 1                        | 19                             |
| Формовочный (ГОСТ 6122—75)   | 0,15—1,5    | 8—33                     | 25—41                          |
| Прокладочный (ГОСТ 6121—75)  | 0,5—5,0     | 8—20                     | 16—34                          |
| Гибкий (ГОСТ 6120—75)        | 0,15—0,5    | 10—31                    | 16—28                          |
| Микалента (ГОСТ 4268—75)     | 0,08—0,21   | —                        | 9—28                           |

Свойства тепло- и звукоизоляционных материалов приведены в табл. 94 и 95.

Липкая изоляционная лента представляет собой поливинилхлоридный пленочный пластикат, покрытый слоем перхлорвинилового клея (100 г на 1 м<sup>2</sup>). Выпускают ее четырех марок: ПХЛ — 020; ПХЛ — 030; ПХЛ — 040; ПХЛ — 045 толщиной соответственно 0,2; 0,3; 0,4; 0,45 мм и шириной 15—50 мм. Временное сопротивление разрыву



не менее 8,0 МПа; удельное объемное электросопротивление не менее  $10^{13}$  Ом·см; липкость не менее 30 с; морозостойкость до  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Электроизоляционные лакоткани и стеклоткани представляют собой хлопчатобумажные, шелковые и стеклянные ткани, пропитанные электроизоляционным лаком. Их выпускают в виде рулонов, листов, трубок и цилиндров. Толщина лакотканей: 0,15—0,30 мм хлопчатобумажных (ГОСТ 2214—78), 0,04—0,15 мм шелковых (ГОСТ 2214—78), 0,08—0,24 мм стеклянных (ГОСТ 10156—78). Электрическая прочность лакотканей 30—66 кВ/мм; удельное объемное сопротивление  $10^{10}$ — $10^{14}$  Ом·см.

Слюда представляет собой алюмосиликатный прозрачный минерал с удельным электрическим сопротивлением  $10^{13}$ — $10^{14}$  Ом·см, электрической прочностью 300—400 кВ/мм, тангенсом диэлектрических потерь 0,0003—0,004 и временным сопротивлением разрыву 20—310 МПа.

Микалента — склеенные пластинки слюды. Микалента с двух сторон склеена тонкой бумагой.

Параметры электроизоляционных материалов приведены в табл. 96.

Резина как конструкционный материал отличается высокими эластичными свойствами в широком диапазоне температур и частот деформации. Кроме того, резины обладают высоким сопротивлением разрыву, износу, газо- и водонепроницаемостью, химической стойкостью, ценными электрическими свойствами и др.

По назначению различают резины: а) мягкие — для изделий и деталей промышленной техники; б) жесткие (эбонитовые) — для изделий электротехнической промышленности; в) пористые или губчатые, применяемые в качестве амортизаторов; г) пастообразные для герметизации и уплотнения.

Основой всех резин служат каучуки. Основные свойства и назначение различных резин приведены в табл. 97 и 98.

Смазочные материалы предназначены для уменьшения износа трущихся поверхностей, повышения КПД механизмов и машин, предохранения от коррозии. Смазочные материалы разделяют на два вида: жидкие минеральные масла и пластичные смазки (консистентные пасты). Ми-

# 97. Физические и механические свойства резины из разных каучуков

| Каучуки                 | Физические свойства       |                                             |                                    | Механические свойства                       |                             |                             |                                         |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|
|                         | Температура хрупкости, °С | Плотность сырого каучука, г/см <sup>3</sup> | Удельное сопротивление, Ом·см      | Временное сопротивление при растяжении, МПа | Сопротивление раздиру, Н/см | Удлинение при разрыве *1, % | Напряжение при 300 %-ном удлинении, МПа |
| Изопреновые:            |                           |                                             |                                    |                                             |                             |                             |                                         |
| синтетический СКИ-3     | —70                       | 0,91—0,92                                   | 10 <sup>15</sup> —10 <sup>16</sup> | 28,3—29,3                                   | 1000—1150                   | 700                         | 3,4                                     |
| натуральный НК          | —70                       | 0,91—0,92                                   | 10 <sup>15</sup> —10 <sup>16</sup> | 32—33                                       | 1000—1350                   | 600—700                     | 3,9                                     |
| Бутадиеновые:           |                           |                                             |                                    |                                             |                             |                             |                                         |
| СКД                     | —110                      | 0,91—0,93                                   | 10 <sup>14</sup> —10 <sup>15</sup> | 17                                          | 500—600                     | 500—700                     | 5,9—7,4                                 |
| СКБ                     | —50                       | 0,90—0,92                                   | 10 <sup>14</sup> —10 <sup>15</sup> | 12,7—15,7                                   | 450—600                     | 500—600                     | 6,4                                     |
| Бутадиен-стирольные:    |                           |                                             |                                    |                                             |                             |                             |                                         |
| СКС-30АРКМ-15           | —49                       | 0,994                                       | 7·10 <sup>14</sup>                 | 24—25                                       | 550—650                     | 550—750                     | 8,8—9,8                                 |
| СКС-30АРК               | —77                       | 0,919                                       | 7·10 <sup>14</sup>                 | 27,4—28                                     | 450—750                     | 550—750                     | 3,9—5,9                                 |
| Бутадиен-нитрильные:    |                           |                                             |                                    |                                             |                             |                             |                                         |
| СКН-18                  | —58                       | 0,943                                       | 10 <sup>10</sup>                   | 24,4—26,5                                   | 550—650                     | 450—550                     | До 10,7                                 |
| СКН-26                  | —46                       | 0,962                                       | 10 <sup>10</sup>                   | 27,4—29,2                                   | 600—700                     | 600—700                     | 9,8—11,7                                |
| СКН-40                  | —23                       | 0,986                                       | 10 <sup>10</sup>                   | 29,2—32                                     | 570—650                     | 600—700                     | 9,8—11,7                                |
| Хлоропреновый (наирит)  | —34                       | 1,225                                       | 7·10 <sup>14</sup>                 | 19,5—26                                     | 600—900                     | 600—750                     | 14,6                                    |
| Бутилкаучук             | —45                       | 0,91                                        | 10 <sup>16</sup>                   | 15,7—23,5                                   | 650—950                     | 650—800                     | 2,9—5,9                                 |
| Силоксановый каучук СКТ | —74                       | 1,7—2,0                                     | 3·10 <sup>13</sup>                 | 3,4—7,8                                     | 150—200                     | 360                         | 1,9—2,9                                 |
| Тиокол Д                | —40                       | 1,3—1,4                                     | 1,6·10 <sup>15</sup>               | 3,7—4,1                                     | 40—50                       | 250—430                     | —                                       |
| Этиленпропиленовый СКЭП | —45                       | 0,86—0,87                                   | 10 <sup>16</sup>                   | 22,5—24,5                                   | 550                         | 550—650                     | До 11,7                                 |
| Уретановый СКУ          | —30                       | 1,21—1,25                                   | 10 <sup>16</sup>                   | 24,5—34                                     | 300—600                     | 500—585                     | 12,3—29                                 |

\*1 При 20 °С.

## 98. Назначение наиболее распространенных каучуков

| Каучуки                                                                              | Область применения                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Изопреновые (стереорегулярные). Синтетический СКИ-30. Натуральный                    | Шины, резинотехнические и резиновые изделия ширпотреба, изоляция кабелей и др.                                |
| Бутадиеновые СКД, СКБ                                                                | Морозостойкие изделия. Приводные ремни, формовые изделия, оболочки кабелей, озоностойкие изделия и покрытия   |
| Бутадиен-стирольные (СКС-30, АРКМ, СКМС-36, СКС-10, СКСМ-10). Хлоропреновые (наирит) | Масло- и бензостойкие изделия, газонепроницаемые и озоностойкие изделия — шины, варочные камеры, диафрагмы    |
| Бутил                                                                                | Масло-, бензо-, тепло- и растворителестойкие изделия — транспортные ленты для подачи горючих материалов и др. |
| Бутадиен-нитрильные СКМ-18, СКМ-26, СКМ-40. Силоксановые СКТН, СКТ                   | Сверхтеплостойкие и морозостойкие изделия, электротехнические детали и др.                                    |
| Тиокол                                                                               | Масло- и бензостойкие изделия, уплотнители, герметики                                                         |
| Этиленпропиленовый СКЭП                                                              | Озоностойкие и другие химически стойкие и электротехнические изделия                                          |

99. Индустриальные масла общего назначения  
(ГОСТ 20799—75)

| Масло | Кинематическая вязкость при температуре 50 °С, м²/с | Температура, °С |                    | Назначение                                               |
|-------|-----------------------------------------------------|-----------------|--------------------|----------------------------------------------------------|
|       |                                                     | вспышки не ниже | застывания не выше |                                                          |
| И-5А  | 4,0—5,0                                             | 120             | —25                | Для смазки поверхностей при высоких скоростях скольжения |
| И-8А  | 6—8                                                 | 130             | —20                | То же                                                    |
| И-12А | 10—14                                               | 165             | —30                | Для различных механизмов                                 |

Продолжение табл. 99

| Масло | Кинематическая<br>вязкость при<br>температуре<br>50 °С, м <sup>2</sup> /с | Температура, °С    |                            | Назначение                                       |
|-------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------------------------------|
|       |                                                                           | вспышки<br>не ниже | засты-<br>вания<br>не выше |                                                  |
| И-20А | 17—23                                                                     | 180                | —15                        | Для различных ме-<br>ханизмов                    |
| И-30А | 28—33                                                                     | 190                | —15                        | Для смазки круп-<br>ных и тяжелых стан-<br>ков   |
| И-40А | 35—45                                                                     | 200                | —15                        | Для смазки тяжелых<br>низкоскоростных<br>станков |

## 100. Свойства и назначение пластичных смазок

| Смазка                     | ГОСТ     | Темпе-<br>ратура<br>капле-<br>отделе-<br>ния, °С<br>не ниже | Назначение                                                                                                                   |
|----------------------------|----------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Низкоплавкие</b>        |          |                                                             |                                                                                                                              |
| Консервационная (К-17)     | 10877—76 | 54                                                          | Для защиты деталей от коррозии                                                                                               |
| Пластичная ПВК             | 19537—83 | 54                                                          | То же                                                                                                                        |
| Пластичная ГОИ-54п         | 3276—74  | 55                                                          | Для защиты деталей от коррозии в диапазоне температур от —40 до +40 °С                                                       |
| <b>Среднеплавкие</b>       |          |                                                             |                                                                                                                              |
| Солидол синтетический      | 4366—76  | —                                                           | Для защиты деталей от коррозии                                                                                               |
| Смазка графит-<br>ная УСсА | 3333—80  | 77                                                          | Для смазки высокона-<br>груженных узлов тре-<br>ния                                                                          |
| <b>Тугоплавкие</b>         |          |                                                             |                                                                                                                              |
| ЦИАТИМ-201                 | 6267—74  | 175                                                         | Для смазки приборов<br>и механизмов, работаю-<br>щих с малыми усилия-<br>ми сдвига при темпера-<br>турах от —60 до<br>+90 °С |
| ЦИАТИМ-202                 | 11110—75 | 170                                                         | То же                                                                                                                        |

Продолжение табл. 100

| Смазка     | ГОСТ     | Температура каплеотделения, °C и ниже | Назначение                                                                           |
|------------|----------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| ЦИАТИМ-203 | 8773—73  | 150                                   | Для смазки высоконагруженных механизмов                                              |
| ЦИАТИМ-205 | 8551—74  | 65                                    | То же                                                                                |
| ЦИАТИМ-221 | 9433—80  | 200                                   | Для смазки различных механизмов, работающих в диапазоне температур от —60 до +150 °C |
| ВНИИНП-225 | 19782—74 | —                                     | Для уплотнения резьбовых соединений, работающих при температуре от —60 до +250 °C    |
| ВНИИНП-232 | 14068—79 | —                                     | То же, но в диапазоне температур от —20 до +125 °C                                   |
| ВНИИНП-257 | 16105—70 | —                                     | Для смазки шарикоподшипников и малонагруженных зубчатых передач                      |
| ВНИИНП-260 | 19832—74 | —                                     | Для смазки скоростных шарикоподшипников (—50 ÷ +180 °C)                              |
| ВНИИНП-279 | 14296—78 | —                                     | Для смазки узлов трения, работающих в контакте с агрессивными средами                |

неральные масла разделяют на конструкционные (моторные, трансмиссионные, индустриальные, турбинные и др.) и технологические, применяемые при обработке металлов. Основные характеристики смазочных материалов — кинематическая вязкость, температура вспышки и застывания.

Основные свойства и область применения индустриальных масел общего применения приведены в табл. 99.

Пластичные смазки по температуре каплеотделения ( $T_{к.о}$ ) разделяют на низкоплавкие ( $T_{к.о} < 65$  °C), среднеплавкие ( $65 \leq T_{к.о} \leq 100$ ) и тугоплавкие ( $T_{к.о} > 100$  °C). Их основу составляют загущенные минеральные масла (табл. 100).

## ДЕТАЛИ МАШИН

ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ, УГЛЫ, КОНУСЫ,  
РАДИУСЫ ЗАКРУГЛЕНИЙ, КАНАВКИ

В табл. 1 приведены стандартные ряды нормальных линейных размеров (диаметров, длин, высот и др.). Стандарт распространяется на линейные размеры в машиностроении и устанавливает ряды линейных размеров от 0,001 до 20 000 мм. Стандарт не распространяется на технологические межоперационные размеры и на размеры, связанные расчетными зависимостями с другими принятыми размерами. При выборе размеров предпочтение следует отдавать рядам с более крупной градацией, т. е. ряд Ra 5 следует предпочитать ряду Ra 10, ряд Ra 10 — ряду Ra 20 и т. д.

ГОСТ 8908—81 распространяется на углы (угловые размеры) и допуски углов конусов и призматических элементов деталей с длиной меньшей стороны до 2500 мм. В табл. 2 даны нормальные углы по указанному ГОСТу. Для призматических деталей (рис. 1, а), кроме углов, приведенных в табл. 2, допускается применять значения уклонов и соответствующих им углов, указанных в табл. 3. Значение уклона

$$S = \frac{H-h}{L} = \operatorname{tg} \beta.$$

ГОСТ 25548—82 устанавливает термины и определения основных понятий в области конусов и конических соединений.

*Прямая круговая коническая поверхность* — поверхность вращения, образованная прямой, вращающейся относительно оси и пересекающей ее (рис. 1, б).

*Коническая деталь* — деталь, у которой основная часть поверхности коническая.

*Конический элемент* — часть детали, ограниченная конической поверхностью, заключенной между вершиной этой поверхности и плоскостью, перпендикулярной к оси, или между двумя плоскостями, перпендикулярными к оси и расположенными по одну сторону от вершины.

1. Нормальные линейные размеры (в мм)  
в диапазоне 1—155 мм (ГОСТ 6636—69)

| Ряды |       |            |                            | Дополни-<br>тельные<br>размеры | Ряды |       |       |                          | Дополни-<br>тельные<br>размеры |
|------|-------|------------|----------------------------|--------------------------------|------|-------|-------|--------------------------|--------------------------------|
| Ra 5 | Ra 10 | Ra 20      | Ra 40                      |                                | Ra 5 | Ra 10 | Ra 20 | Ra 40                    |                                |
| 1,0  | 1,0   | 1,0<br>1,1 | 1,0<br>1,05<br>1,1<br>1,15 |                                | 3,2  | 3,2   | 3,2   | 3,2<br>3,4<br>3,6<br>3,8 | 3,3<br>3,5<br>3,7<br>3,9       |
|      | 1,2   | 1,2        | 1,2<br>1,3<br>1,4<br>1,5   | 1,25<br>1,35<br>1,45<br>1,55   | 4,0  | 4,0   | 4,0   | 4,0<br>4,2<br>4,5<br>4,8 | 4,1<br>4,4<br>4,6<br>4,9       |
| 1,6  | 1,6   | 1,6        | 1,6<br>1,7<br>1,8<br>1,9   | 1,65<br>1,75<br>1,85<br>1,95   |      | 5,0   | 5,0   | 5,0<br>5,3<br>5,6<br>6,0 | 5,2<br>5,5<br>5,8<br>6,2       |
|      | 2,0   | 2,0        | 2,0<br>2,1<br>2,2<br>2,4   | 2,05<br>2,15<br>2,30           | 6,3  | 6,3   | 6,3   | 6,3<br>6,7<br>7,1<br>7,5 | 6,5<br>7,0<br>7,3<br>7,8       |
| 2,5  | 2,5   | 2,5        | 2,5<br>2,6<br>2,8<br>3,0   | 2,7<br>2,9<br>3,1              |      | 8,0   | 8,0   | 8,0<br>8,5<br>9,0<br>9,5 | 8,2<br>8,8<br>9,2<br>9,8       |

Продолжение табл. 1

| Ряды |       |       |       | Дополни-<br>тельные<br>размеры | Ряды |       |       |       | Дополни-<br>тельные<br>размеры |
|------|-------|-------|-------|--------------------------------|------|-------|-------|-------|--------------------------------|
| Ra 5 | Ra 10 | Ra 20 | Ra 40 |                                | Ra 5 | Ra 10 | Ra 20 | Ra 40 |                                |
| 10   | 10    | 10    | 10    | 10,2                           |      | 32    | 32    | 32    | 33                             |
|      |       |       | 10,5  | 10,8                           |      |       |       | 34    | 35                             |
|      |       | 11    | 11    | 11,2                           |      |       | 36    | 36    | 37                             |
|      |       |       | 11,5  | 11,8                           |      |       |       | 38    | 39                             |
|      |       |       |       |                                |      |       |       |       |                                |
|      |       |       |       |                                |      |       |       |       |                                |
|      | 12    | 12    | 12    | 12,5                           | 40   | 40    | 40    | 40    | 41                             |
|      |       |       | 13    | 13,5                           |      |       |       | 42    | 44                             |
|      |       | 14    | 14    | 14,5                           |      |       | 45    | 45    | 46                             |
|      |       |       | 15    | 15,5                           |      |       |       | 48    | 49                             |
|      |       |       |       |                                |      |       |       |       |                                |
|      |       |       |       |                                |      |       |       |       |                                |
| 16   | 16    | 16    | 16    | 16,5                           | 50   | 50    | 50    | 50    | 52                             |
|      |       |       | 17    | 17,5                           |      |       |       | 53    | 55                             |
|      |       | 18    | 18    | 18,5                           |      |       | 56    | 56    | 58                             |
|      |       |       | 19    | 19,5                           |      |       |       | 60    | 62                             |
|      |       |       |       |                                |      |       |       |       |                                |
|      |       |       |       |                                |      |       |       |       |                                |
|      | 20    | 20    | 20    | 20,5                           | 63   | 63    | 63    | 63    | 65                             |
|      |       |       | 21    | 21,5                           |      |       |       | 67    | 70                             |
|      |       |       | 22    | 23,5                           |      |       | 71    | 71    | 73                             |
|      |       |       | 24    |                                |      |       |       | 75    | 78                             |
|      |       |       |       |                                |      |       |       |       |                                |
|      |       |       |       |                                |      |       |       |       |                                |
| 25   | 25    | 25    | 25    | 27                             |      | 80    | 80    | 80    | 82                             |
|      |       |       | 26    | 29                             |      |       |       | 85    | 88                             |
|      |       | 28    | 28    | 31                             |      |       |       | 90    | 92                             |
|      |       |       | 30    |                                |      |       |       | 95    | 98                             |
|      |       |       |       |                                |      |       |       |       |                                |
|      |       |       |       |                                |      |       |       |       |                                |



Продолжение табл. 1

| Ряды |       |       |       | Дополни-<br>тельные<br>размеры | Ряды |       |       |       | Дополни-<br>тельные<br>размеры |
|------|-------|-------|-------|--------------------------------|------|-------|-------|-------|--------------------------------|
| Ra 5 | Ra 10 | Ra 20 | Ra 40 |                                | Ra 5 | Ra 10 | Ra 20 | Ra 40 |                                |
| 100  | 100   | 100   | 100   | 102                            |      | 125   | 125   | 125   | 128                            |
|      |       |       | 105   | 108                            |      |       |       | 130   | 135                            |
|      |       | 110   | 110   | 112                            |      |       | 140   | 140   | 145                            |
|      |       |       | 120   | 115                            |      |       |       | 150   | 155                            |

## 2. Нормальные углы (ГОСТ 8908—81)

| Ряд 1 | Ряд 2 | Ряд 3  | Ряд 1 | Ряд 2     | Ряд 3      | Ряд 1       | Ряд 2 | Ряд 3                                                             |
|-------|-------|--------|-------|-----------|------------|-------------|-------|-------------------------------------------------------------------|
| 0°    | 30'   | 15'    | 15°   | 8°<br>10° | 9°         |             | 75°   | 70°<br>80°<br>85°<br>100°<br>110°<br>135°<br>150°<br>165°<br>180° |
|       | 1°    | 45'    | 20°   |           | 12°<br>18° | 90°<br>120° |       |                                                                   |
|       | 2°    | 1° 30' |       |           | 22°<br>25° |             |       |                                                                   |
|       | 3°    | 2° 30' | 30°   | 40°       | 35°        |             |       |                                                                   |
| 5°    | 4°    |        | 45°   |           | 50°        |             |       |                                                                   |
|       | 6°    |        | 60°   |           | 65°        |             |       | 270°<br>360°                                                      |
|       | 7°    |        |       |           |            |             |       |                                                                   |

Примечание. При выборе углов ряд 1 следует предпочитать ряду 2, а ряд 2 — ряду 3.

**Конус** — обобщенный термин, под которым понимают коническую поверхность, коническую деталь или конический элемент.

**Конусностью**  $C$  называется отношение разности диаметров  $D$  и  $d$  двух поперечных сечений конуса к расстоянию  $L$  между ними (рис. 1, в). Конусность

$$C = \frac{D-d}{L} = 2 \operatorname{tg} \alpha/2.$$

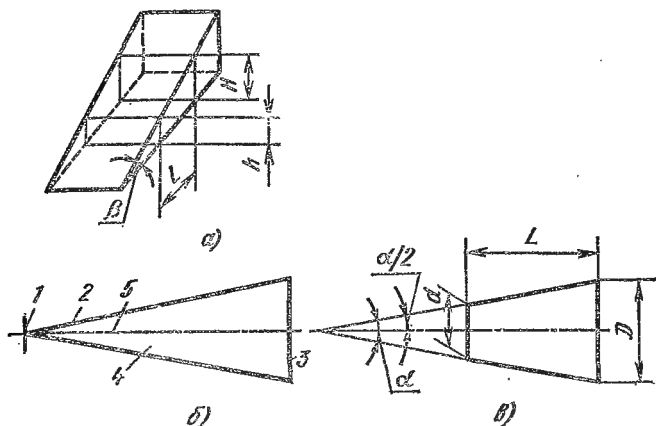


Рис. 1. Угловые размеры и элементы призмы и конуса:

$a$  — призматическая деталь; б — прямая круговая коническая поверхность (1 — вершина; 2 — образующая; 3 — основание; 4 — коническая поверхность; 5 — ось); в — угловые размеры конуса

Длина конуса  $L$  — расстояние между вершиной и основанием конуса или между основаниями конуса (рис. 1, в).

Угол конуса  $\alpha$  — угол между образующими в продольном сечении конуса.

Угол уклона конуса  $\alpha/2$  — угол между образующей и осью конуса.

В табл. 4 указаны значения конусности по ГОСТ 8593—81, в табл. 5 приведены примеры использования нормальной конусности общего назначения.

В табл. 6 даны размеры радиусов закруглений и фасок деталей, изготавливаемых из металла и пластмасс, кроме радиусов закруглений (изгиба) деталей, получаемых гибкой, а также радиусов проточек для выхода резьбонарезного инструмента. При выборе размеров радиусов и фасок 1-й ряд следует предпочитать 2-му.

В табл. 7 приведены радиусы закруглений сопряжений валов и втулок; в табл. 8 — галтели вала и корпуса под шарико- и роликоподшипники; в табл. 9 — размеры канавок для посадки подшипников качения.

В табл. 10 и 11 даны соответственно размеры канавок для выхода шлифовального круга при плоском и круглом шлифовании (ГОСТ 8820—69).

### 3. Значения уклонов для призматических деталей (ГОСТ 8908—81)

| Уклон   | Угол уклона | Уклон  | Угол уклона  |
|---------|-------------|--------|--------------|
| 1 : 500 | 6' 52,5"    | 1 : 50 | 1° 8' 44,7"  |
| 1 : 200 | 17' 11,3"   | 1 : 20 | 2° 51' 44,7" |
| 1 : 100 | 34' 22,6"   | 1 : 10 | 5° 42' 38,1" |

### 4. Конусность (ГОСТ 8593—81)

| Ряд 1   | Ряд 2  | Ряд 1  | Ряд 2  | Ряд 1 | Ряд 2 | Ряд 1 | Ряд 2 |
|---------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 1 : 500 | —      | —      | 1 : 15 | —     | 1 : 6 | 45°   | —     |
| 1 : 200 | —      | —      | 1 : 12 | 1 : 5 | —     | 60°   | —     |
| 1 : 100 | —      | 1 : 10 | —      | —     | 1 : 4 | —     | 75°   |
| 1 : 50  | —      | —      | 1 : 8  | 1 : 3 | —     | 90    | —     |
| —       | 1 : 30 | —      | 1 : 7  | 30°   | —     | 120°  | —     |
| 1 : 20  | —      | —      | —      | —     | —     | —     | —     |

Примечание. При выборе конусности ряд 1 следует предпочитать ряду 2

### 5. Примеры использования нормальной конусности общего назначения (8593—81)

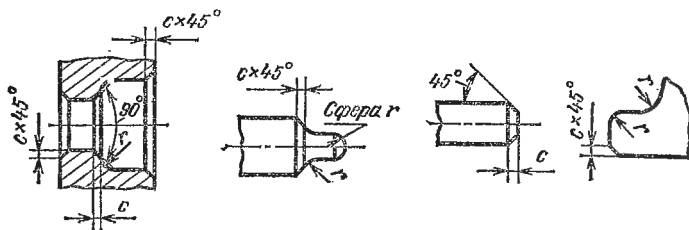
| Конусность $\epsilon$ | Угол                   |                        | Примечание                                                                                                                                                |
|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       | конуса $\alpha$        | уклона $\alpha/2$      |                                                                                                                                                           |
| 1 : 200<br>1 : 100    | 17' 11,4"<br>34' 22,6" | 8' 35,65"<br>17' 11,3" | Крепежные детали для неразборных соединений, подвергающихся сотрясениям, ударной (1 : 200) и спокойной (1 : 100) переменной нагрузкам. Конические оправки |
| 1 : 50                | 1° 8' 45,2"            | 34' 22,6"              | Конические штифты, установочные шпильки, развертки под конические штифты, концы насадных рукояток                                                         |

Продолжение табл. 5

| Конусность $C$ | Угол            |                   | Примечание                                                                                                                       |
|----------------|-----------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                | конуса $\alpha$ | уклона $\alpha/2$ |                                                                                                                                  |
| 1 : 30         | 1° 54' 34,9"    | 57' 17,45"        | Концы насадных раз-<br>верток, зенкеров и оп-<br>равок для них                                                                   |
| 1 : 20         | 2° 51' 51,1"    | 1° 25' 55,55"     | Метрические конусы ин-<br>струментов, оправки и<br>развертки для них                                                             |
| 1 : 15         | 3° 49' 5,9"     | 1° 54' 32,95"     | Конические соединения<br>деталей, воспринимаю-<br>щих осевые нагрузки.<br>Посадочные места для<br>зубчатых колес, шпин-<br>делей |
| 1 : 12         | 4° 46' 18,8"    | 2° 23' 9,4"       | Конус Морзе                                                                                                                      |
| 1 : 10         | 5° 43' 29,3"    | 2° 51' 44,65"     | Конические соединения<br>деталей при радиаль-<br>ных и осевых нагруз-<br>ках. Соединительные<br>муфты. Конусы инстру-<br>ментов  |
| 1 : 5          | 11° 25' 16,3"   | 5° 42' 38,15"     | Легкоразъемные соеди-<br>нения деталей. Кониче-<br>ские цапфы. Фрикцион-<br>ные муфты                                            |
| 1 : 1,866025   | 30°             | 15°               | Фрикционные муфты<br>приводов. Зажимные<br>цанги                                                                                 |
| 1 : 0,866025   | 60°             | 30°               | Центры станков и цен-<br>тровые отверстия                                                                                        |
| 1 : 0,651613   | 75°             | 37° 30'           | Наружные центры ин-<br>струментов диаметром<br>до 10 мм                                                                          |

Продолжение табл. 5

| Конусность $C$ | Угол            |                   | Примечание                                                                                                      |
|----------------|-----------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                | конуса $\alpha$ | уклона $\alpha/2$ |                                                                                                                 |
| 1 : 0,5        | 90°             | 45°               | Потайные головки заклепок диаметром 1—10 мм, потайные головки винтов. Фаски валов, осей, пальцев и др.          |
| 1 : 0,288675   | 120°            | 60°               | Полупотайные головки заклепок диаметром 2—5 мм. Фаски резьбовых отверстий, наружные фаски гаек и головок винтов |

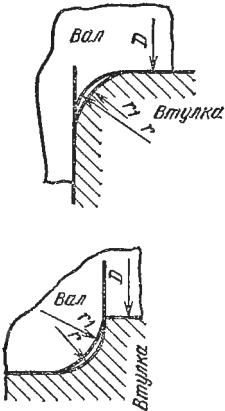
6. Радиусы  $r$  закруглений и фаски

Размеры, мм

| 1-й ряд | 2-й ряд | 1-й ряд | 2-й ряд | 1-й ряд | 2-й ряд |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0,1     | 0,2     | 2,5     | 2,0     | 25      | 20      |
| 0,4     | 0,3     | 4,0     | 3,0     | 40      | 32      |
| 0,6     | 0,5     | 6,0     | 5,0     | 60      | 50      |
| 1,0     | 0,8     | 10      | 8,0     | 100     | 80      |
| 1,6     | 1,2     | 16      | 12      | 160     | 125     |

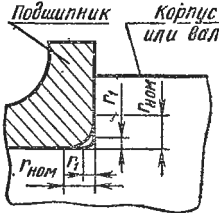
# 7. Радиусы закруглений сопряжений валов и втулок

Размеры, мм

|  | $D$                                                                         | $r$                                          | $r_1$                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|
|                                                                                  | 10—18<br>20—28<br>30—46<br>48—68<br>70—100<br>105—150<br>155—200<br>210—250 | 0,6<br>1,6<br>2,0<br>2,5<br>3<br>4<br>5<br>6 | 1<br>2<br>2,5<br>3<br>4<br>5<br>6<br>8 |

# 8. Галтели вала и корпуса под шарико- и роликоподшипники

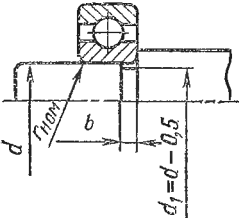
Размеры, мм

|  | $r_{\text{ном}}$                     | $r_1$                                | $r_{\text{ном}}$               | $r_1$                          |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                                                                                    | 0,2<br>0,3<br>0,4<br>0,5<br>1<br>1,5 | 0,1<br>0,2<br>0,2<br>0,3<br>0,6<br>1 | 2<br>2,5<br>3<br>3,5<br>4<br>5 | 1<br>1,5<br>2<br>2<br>2,5<br>3 |

Примечание. В таблице приведен наибольший размер галтели.

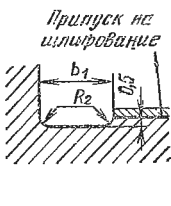
9. Канавки для посадки подшипников качения

Размеры, мм

|                                                                                  |                    |        |              |              |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------|--------------|--------------|
|  | $r_{НОМ}$          | $b$    | $r_{НОМ}$    | $b$          |
|                                                                                  | 0,2—0,8<br>1,0—2,0 | 2<br>3 | 2,5—3,5<br>5 | 4,0—6,0<br>8 |

10. Канавки для выхода шлифовального круга при плоском шлифовании (ГОСТ 8820—69)

Размеры, мм

|                                                                                   |                                                                                    |             |               |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|-------------------|
|  |  | $b_1$       | $h_1$         | $R_2$             |
|                                                                                   |                                                                                    | 2<br>3<br>5 | 1,6<br>2<br>3 | 0,5<br>1,0<br>1,6 |

11. Канавки для выхода шлифовального круга при круглом шлифовании (ГОСТ 8820—69)

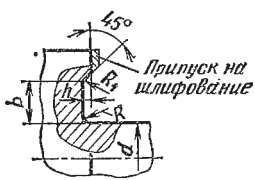
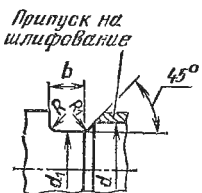
Шлифование:

по наружному цилиндру

по наружному торцу

Исполнение 1

Исполнение 2



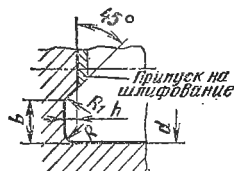
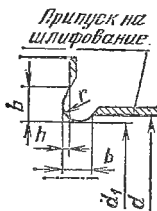
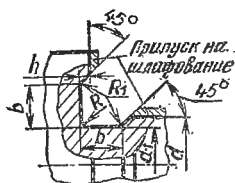
Продолжение табл. 11

по наружному цилиндру и торцу

по внутреннему торцу

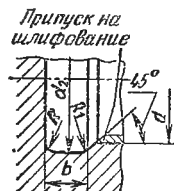
Исполнение 1

Исполнение 2



по внутреннему цилиндру и торцу

по внутреннему цилиндру



Размеры, мм

| $b$          | $d_1$ при наружном шлифовании | $d_2$ при внутреннем шлифовании | $h$ | $R$               | $R_1$         | $d$                             |
|--------------|-------------------------------|---------------------------------|-----|-------------------|---------------|---------------------------------|
| 1<br>1,6     | $d - 0,3$                     | $d + 0,3$                       | 0,2 | 0,3<br>0,5        | 0,2<br>0,3    | До 10                           |
| 2<br>3       | $d - 0,5$                     | $d + 0,5$                       | 0,3 | 0,5<br>1,0        | 0,3<br>0,5    | До 10<br>Св. 10 до 50           |
| 5<br>8<br>10 | $d - 1$                       | $d + 1$                         | 0,5 | 1,6<br>2,0<br>3,0 | 0,5<br>1<br>1 | Св. 50 до 100<br>» 100<br>» 100 |



Размеры канавок для выхода зуборезных долбяков у прямозубых и косозубых колес наружного и внутреннего зацепления даны в ГОСТ 13754—81 и ГОСТ 13755—81.

## СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Согласно ГОСТ 23887—79 различают разъемные и неразъемные соединения деталей машин.

*Разъемными* называют соединения, разборка которых происходит без нарушения целостности составных частей изделия (резьбовые, штифтовые, шпоночные, шлицевые, клиновые соединения и др.).

*Неразъемными* называют соединения, при разборке которых нарушается целостность составных частей изделия (заклепочные и сварные соединения, соединения пайкой, склеиванием и др.).

*Прессовые* соединения, представляющие собой соединения составных частей изделия с гарантированным натягом, вследствие того, что размер охватываемой детали больше соответствующего размера охватывающей детали, занимают промежуточное между разъемными и неразъемными; они могут быть разобраны, но в большинстве случаев сопрягаемые поверхности оказываются поврежденными, что снижает надежность соединения при повторной сборке.

Кроме перечисленных, применяются *комбинированные* соединения частей изделия с применением нескольких методов их образования (резьбопаяное, резьбоклиновое и др.).

### РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

**Термины и определения.** По ГОСТ 23887—79 резьбовыми называют соединения составных частей изделия с применением детали, имеющей резьбу (болт, винт, шпилька и др.). Указанные соединения являются наиболее распространенным видом разъемных соединений. Они используются также для преобразования движения, например в ходовых и грузовых винтах.

Основным элементом соединения является резьба с соответствующим профилем, установленным стандартом. ГОСТ 11708—82 устанавливает термины и определения основных понятий в области цилиндрической и конической резьбы.

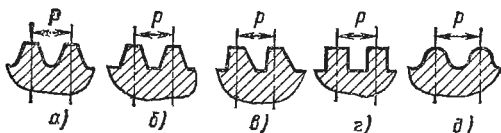


Рис. 2. Профили резьбы

**Резьба** — один или несколько равномерно расположенных выступов резьбы постоянного сечения, образованных на боковой поверхности кругового цилиндра или прямого кругового конуса.

**Цилиндрическая резьба** — резьба, образованная на боковой поверхности прямого кругового цилиндра.

**Коническая резьба** — резьба, образованная на боковой поверхности прямого кругового конуса.

**Выступ резьбы** — выступающая часть материала детали, ограниченная винтовой поверхностью резьбы.

**Канавка резьбы** — пространство, заключенное между выступами резьбы.

**Виток резьбы** — часть выступа резьбы, соответствующая одному полному обороту точек винтовой поверхности резьбы относительно оси резьбы.

**Заход резьбы** — начало выступа резьбы. **Однозаходная резьба** — резьба, образованная одним выступом резьбы.

**Многозаходная резьба** — резьба, образованная двумя или более выступами, с равномерно расположенными заходами.

**Правая резьба** — резьба, у которой выступ, вращаясь по часовой стрелке, удаляется вдоль оси от наблюдателя. Деталь с правой резьбой ввинчивают или навинчивают при вращении против часовой стрелки.

**Левая резьба** — резьба, у которой выступ, вращаясь против часовой стрелки, удаляется вдоль оси от наблюдателя. Деталь с левой резьбой ввинчивают или навинчивают при вращении по часовой стрелке.

К основным элементам и параметрам резьбы относятся: ось резьбы, профиль резьбы, угол профиля, наружный диаметр, шаг, ход резьбы и др.

**Ось резьбы** — ось, относительно которой образована винтовая поверхность резьбы.

**Профиль резьбы** — профиль выступа и канавки резьбы в плоскости осевого сечения резьбы. По профилю резьбы делятся на треугольные (рис. 2, а); трапецеидальные

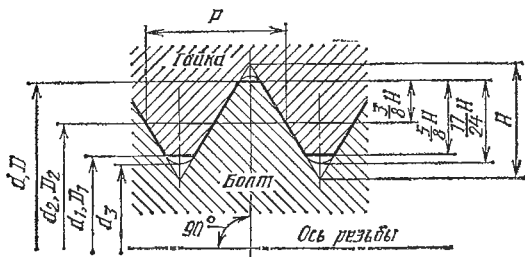


Рис. 3. Основные элементы метрической резьбы общего назначения (ГОСТ 24705—81):

$d$  — наружный диаметр наружной резьбы (болта);  $D$  — наружный диаметр внутренней резьбы (гайки);  $d_2$  — средний диаметр болта;  $D_2$  — средний диаметр гайки;  $d_1$  — внутренний диаметр болта;  $D_1$  — внутренний диаметр гайки;  $d_3$  — внутренний диаметр болта по дну впадины;  $P$  — шаг резьбы;  $H$  — высота исходного треугольника

симметричные (рис. 2, б); трапецеидальные несимметричные или упорные (рис. 2, в); прямоугольные (рис. 2, г); круглые (рис. 2, д).

**Угол профиля** — угол между смежными боковыми сторонами резьбы в плоскости осевого сечения.

**Наружный диаметр цилиндрической резьбы** — диаметр воображаемого прямого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной или впадин внутренней цилиндрической резьбы.

**Вершина резьбы** — часть винтовой поверхности резьбы, соединяющая смежные боковые стороны резьбы по верху ее выступа.

**Впадина резьбы** — часть винтовой поверхности резьбы, соединяющая смежные боковые стороны резьбы по дну ее канавки.

**Шаг резьбы** — расстояние по линии, параллельной оси резьбы, между средними точками ближайших боковых сторон профиля резьбы, лежащими в одной осевой плоскости по одну сторону от оси резьбы.

**Ход резьбы** — расстояние по линии, параллельной оси резьбы, между любой исходной средней точкой на боковой стороне резьбы и средней точкой, полученной при перемещении исходной средней точки по винтовой линии на угол  $360^\circ$ .

**Сбег резьбы** — участок в зоне перехода резьбы к гладкой части детали, где резьба имеет неполный профиль.

Основные элементы метрической резьбы (ГОСТ 24705—81) приведены на рис. 3; эта резьба общего назначения имеет профиль по ГОСТ 9150—81 с диаметрами и шагами по ГОСТ 8724—81.

Основными крепежными деталями резьбовых соединений являются болты, винты, шпильки, гайки, шайбы и стопорные устройства, предохраняющие гайки от самоотвинчивания.

**Болт** — цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой на другом (рис. 4, а). Болты используют в комплекте с гайкой; при этом нарезать резьбу в соединяемых деталях не требуется.

**Винт** — цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой на другом, которой он ввертывается в резьбовое отверстие одной из скрепляемых деталей (рис. 4, б); иногда винт может не иметь головки.

**Шпилька** — цилиндрический стержень с резьбой на обоих концах, причем одним концом она ввертывается в одну из скрепляемых деталей, а на другой конец ее наворачивается гайка (рис. 4, в).

**Гайка** — деталь с резьбовым отверстием, наворачиваемая на болт или шпильку и служащая для соединения скрепляемых при помощи болта или шпильки деталей соединения (рис. 4, а, в).

**Шайба** — кольцо, подкладываемое под гайку, а также головку винта или болта для предохранения поверхности детали от задира при затягивании гайки, для увеличения опорной поверхности и в некоторых случаях для стопорения (см. рис. 4).

**Резьбы.** Ц и л и н д р и ч е с к и е р е з ь б ы подразделяют на метрические и специальные. К специальным относят дюймовую трубную, трапецеидальную, упорную и др.

**Метрическую резьбу** широко используют для большинства резьбовых соединений как крепежную, а также для точных винтовых пар измерительных инструментов. Угол

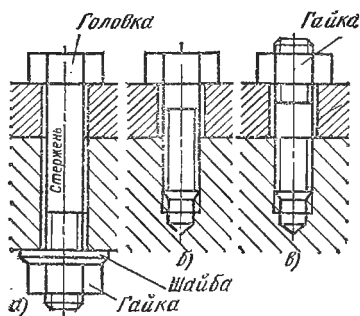


Рис. 4. Крепежные детали:

а — болт; б — винт; в — шпилька

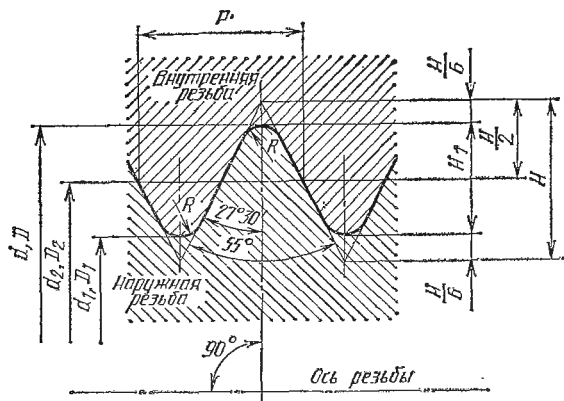


Рис. 5. Основные элементы трубной цилиндрической резьбы (ГОСТ 6357—81):

$d$  — наружный диаметр наружной резьбы (трубы);  $d_1$  — внутренний диаметр наружной резьбы;  $d_2$  — средний диаметр наружной резьбы;  $D$  — наружный диаметр внутренней резьбы (муфты);  $D_1$  — внутренний диаметр внутренней резьбы;  $D_2$  — средний диаметр внутренней резьбы;  $P$  — шаг резьбы;  $H$  — высота исходного треугольника;  $H_1$  — рабочая высота профиля;  $R$  — радиус закругления вершины и впадины резьбы

профиля метрической резьбы  $\alpha = 60^\circ$  регламентирован ГОСТ 9150—81. Стандартом предусмотрена резьба с крупным и мелким шагом. Резьбу с крупным шагом обозначают буквой М (метрическая); при этом указывают значение наружного диаметра, например, М24, М30 и т. д. Для резьб с мелким шагом, кроме того, указывают значение шага, например, М24×1,5, М30×2 и т. д.

Номинальные диаметры и шаги метрических резьб определены ГОСТ 8724—81 (табл. 12). В том случае, когда диаметры и шаги резьб по указанному ГОСТу не могут удовлетворять функциональным и конструктивным требованиям, для приборостроения допускается применять метрическую резьбу по ГОСТ 16967—81.

В табл. 13 приведены основные размеры метрической резьбы по ГОСТ 24705—81. Для приборостроения основные размеры резьбы регламентированы ГОСТ 24706—81. Длина свинчивания метрических резьб по ГОСТ 16093—81 дана в табл. 14.

Трубную цилиндрическую резьбу (рис. 5) по ГОСТ 6357—81 (табл. 15) используют в цилиндрических резьбовых соединениях, а также в соединениях внутрен-

# 12. Ряды номинальных диаметров и шаги метрической резьбы (ГОСТ 8724—81)

Размеры, мм

| Номинальный диаметр $d$ | Шаг $P$ |                         |
|-------------------------|---------|-------------------------|
|                         | крупный | мелкий                  |
| <b>1-й ряд</b>          |         |                         |
| 0,25                    | 0,075   | —                       |
| 0,30                    | 0,080   | —                       |
| 0,40                    | 0,100   | —                       |
| 0,50                    | 0,125   | —                       |
| 0,60                    | 0,150   | —                       |
| 0,80                    | 0,200   | —                       |
| 1; 1,2                  | 0,25    | 0,2                     |
| 1,6                     | 0,35    | 0,2                     |
| 2,0                     | 0,40    | 0,25                    |
| 2,5                     | 0,45    | 0,35                    |
| 3,0                     | 0,50    | 0,35                    |
| 4,0                     | 0,70    | 0,50                    |
| 5                       | 0,8     | 0,50                    |
| 6                       | 1       | 0,75; 0,5               |
| 8                       | 1,25    | 1; 0,75; 0,5            |
| 10                      | 1,5     | 1,25; 1; 0,75; 0,5      |
| 12                      | 1,75    | 1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5 |
| 16                      | 2       | 1,5; 1; 0,75; 0,5       |
| 20                      | 2,5     | 2; 1,5; 1; 0,75; 0,5    |
| 24                      | 3       | 2; 1,5; 1; 0,75         |
| 30                      | 3,5     | (3); 2; 1,5; 1; 0,75    |
| 36                      | 4       | 3; 2; 1,5; 1            |
| 42                      | 4,5     | (4); 3; 2; 1,5; 1       |
| 48                      | 5       | (4); 3; 2; 1,5; 1       |
| 56                      | 5,5     | 4; 3; 2; 1,5; 1         |
| 64                      | 6       | 4; 3; 2; 1,5; 1         |
| 72; 80                  | —       | 6; 4; 3; 2; 1,5; 1      |
| 90; 100; 110; 125; 140  | —       | 6; 4; 3; 2; 1,5; 1      |
| 160; 180; 200           | —       | 6; 4; 3; 2              |
| 220; 250; 280           | —       | 6; 4; 3                 |
| 320; 360; 400           | —       | 6; 4                    |
| 450; 500; 550; 600      | —       | 6                       |
| <b>2-й ряд</b>          |         |                         |
| 0,35                    | 0,09    | —                       |
| 0,45                    | 0,10    | —                       |
| 0,55                    | 0,125   | —                       |
| 0,7                     | 0,175   | —                       |
| 0,9                     | 0,225   | —                       |
| 1,1                     | 0,25    | 0,2                     |
| 1,4                     | 0,3     | 0,2                     |
| 1,8                     | 0,35    | 0,2                     |
| 2,2                     | 0,45    | 0,25                    |

Продолжение табл. 12

| Номинальный диаметр $d$                                               | Шаг $P$ |                         |
|-----------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------|
|                                                                       | крупный | мелкий                  |
| 3,5                                                                   | (0,6)   | 0,35                    |
| 14                                                                    | 2       | 1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5 |
| 18; 22                                                                | 2,5     | 2; 1,5; 1; 0,75; 0,5    |
| 27                                                                    | 3       | 2; 1,5; 1; 0,75         |
| 33                                                                    | 3,5     | (3); 2; 1,5; 1; 0,75    |
| 39                                                                    | 4       | (3); 2; 1,5; 1          |
| 45                                                                    | 4,5     | (4); 3; 2; 1,5; 1       |
| 52                                                                    | 5       | (4); 3; 2; 1,5; 1       |
| 60                                                                    | (5,5)   | 4; 3; 2; 1,5; 1         |
| 68                                                                    | 6       | 4; 3; 2; 1,5; 1         |
| 76                                                                    | —       | 6; 4; 3; 2; 1,5; 1      |
| 85; 95; 105; 115; 120; 130;<br>150; 170; 190                          | —       | 6; 4; 3; 2; 1,5         |
| 210; 240; 260; 300                                                    | —       | 6; 4; 3                 |
| 340; 380                                                              | —       | 6; 4                    |
| 420; 480; 520; 580                                                    | —       | 6                       |
| 3-й ряд                                                               |         |                         |
| (5,5)                                                                 | —       | 0,5                     |
| 7                                                                     | 1       | 0,75; 0,5               |
| 9                                                                     | (1,25)  | 1; 0,75; 0,5            |
| 11                                                                    | —       | 1; 0,75; 0,5            |
| 15; 17                                                                | —       | 1,5; (1)                |
| 25                                                                    | —       | 2; 1,5; (1)             |
| (26); 35; (38)                                                        | —       | 1,5                     |
| (28)                                                                  | —       | 2; 1,5; 1               |
| (32)                                                                  | —       | 2; 1,5                  |
| 40; 50                                                                | —       | (3); (2); 1,5           |
| 55; 58; 62; 65; 75                                                    | —       | (4); (3); 2; 1,5        |
| 70                                                                    | —       | (6); (4); (3); 2; 1,5   |
| (78); (80)                                                            | —       | 2                       |
| 135; 145                                                              | —       | 6; 4; 3; 2; 1           |
| 155; 165; 175; 185; 195                                               | —       | 6; 4; 3; 2              |
| 205; 215; 225; 230; 235;<br>245; 255; 265; 270; 275; 285;<br>290; 295 | —       | 6; 4; 3                 |
| 310; 330; 350; 370; 390                                               | —       | 6; 4                    |
| 410; 430; 440; 460; 470;<br>490; 510; 530; 540; 560;<br>570; 590      | —       | 6                       |

Примечания: 1. При выборе диаметров резьбы следует предпочитать ряд 1 ряду 2, ряд 2 ряду 3. 2. Диаметры и шаги резьб, заключенные в скобки, по возможности не применять. 3. Резьбу  $M14 \times 1,25$  применяют только для свечей зажигания, а резьбу  $M35 \times 1,5$  — только для стопорных гаек шарикоподшипников.

## 13. Метрическая резьба (ГОСТ 24705—81)

Размеры, мм

| Номиналь-<br>ный диаметр<br>резьбы $d$ | Шаг $P$ | Диаметр резьбы |             |             |       |
|----------------------------------------|---------|----------------|-------------|-------------|-------|
|                                        |         | $d = D$        | $d_2 = D_2$ | $d_1 = D_1$ | $d_s$ |
| 0,25                                   | 0,075   | 0,250          | 0,201       | 0,169       | 0,158 |
| 0,3                                    | 0,08    | 0,300          | 0,248       | 0,213       | 0,202 |
| 0,35                                   | 0,09    | 0,350          | 0,292       | 0,253       | 0,240 |
| 0,4                                    | 0,1     | 0,4            | 0,335       | 0,292       | 0,277 |
| 0,45                                   | 0,1     | 0,45           | 0,385       | 0,342       | 0,327 |
| 0,5                                    | 0,125   | 0,5            | 0,419       | 0,365       | 0,347 |
| 0,55                                   | 0,125   | 0,55           | 0,469       | 0,415       | 0,397 |
| 0,6                                    | 0,15    | 0,6            | 0,503       | 0,438       | 0,416 |
| 0,7                                    | 0,175   | 0,7            | 0,536       | 0,511       | 0,485 |
| 0,8                                    | 0,2     | 0,8            | 0,670       | 0,583       | 0,555 |
| 0,9                                    | 0,225   | 0,9            | 0,754       | 0,656       | 0,624 |
| 1                                      | 0,25    | 1,00           | 0,838       | 0,729       | 0,693 |
| 1                                      | 0,2     | 1              | 0,870       | 0,783       | 0,755 |
| 1,1                                    | 0,25    | 1,1            | 0,938       | 0,829       | 0,793 |
| 1,1                                    | 0,2     | 1,1            | 0,970       | 0,883       | 0,855 |
| 1,2                                    | 0,25    | 1,2            | 1,038       | 0,929       | 0,893 |
| 1,2                                    | 0,2     | 1,2            | 1,070       | 0,983       | 0,955 |
| 1,4                                    | 0,3     | 1,4            | 1,205       | 1,075       | 1,032 |
| 1,4                                    | 0,2     | 1,4            | 1,270       | 1,183       | 1,155 |
| 1,6                                    | 0,35    | 1,6            | 1,375       | 1,221       | 1,171 |
| 1,6                                    | 0,2     | 1,6            | 1,470       | 1,383       | 1,355 |
| 1,8                                    | 0,35    | 1,8            | 1,573       | 1,421       | 1,371 |
| 1,8                                    | 0,2     | 1,8            | 1,670       | 1,583       | 1,555 |
| 2                                      | 0,4     | 2              | 1,740       | 1,567       | 1,509 |
| 2                                      | 0,25    | 2              | 1,838       | 1,729       | 1,693 |
| 2,2                                    | 0,45    | 2,2            | 1,908       | 1,713       | 1,648 |
| 2,2                                    | 0,25    | 2,2            | 2,038       | 1,929       | 1,893 |
| 2,5                                    | 0,45    | 2,5            | 2,208       | 2,013       | 1,948 |
| 2,5                                    | 0,35    | 2,5            | 2,273       | 2,121       | 2,071 |
| 3                                      | 0,5     | 3,0            | 2,675       | 2,459       | 2,387 |
| 3                                      | 0,35    | 3,0            | 2,773       | 2,621       | 2,571 |
| 3,5                                    | 0,6     | 3,5            | 3,110       | 2,850       | 2,764 |
| 3,5                                    | 0,35    | 3,5            | 3,273       | 3,121       | 3,071 |
| 4                                      | 0,7     | 4              | 3,545       | 3,242       | 3,141 |
| 4                                      | 0,5     | 4              | 3,675       | 3,459       | 3,387 |
| 4,5                                    | 0,75    | 4,5            | 4,013       | 3,688       | 3,580 |
| 4,5                                    | 0,5     | 4,5            | 4,175       | 3,959       | 3,887 |
| 5                                      | 0,8     | 5              | 4,480       | 4,134       | 4,019 |
| 5                                      | 0,5     | 5              | 4,675       | 4,459       | 4,387 |
| 5,5                                    | 0,5     | 5,5            | 5,175       | 4,959       | 4,887 |
| 6                                      | 1       | 6              | 5,350       | 4,917       | 4,773 |
| 6                                      | 0,75    | 6              | 5,513       | 5,188       | 5,080 |
| 6                                      | 0,5     | 6              | 5,675       | 5,459       | 5,387 |
| 7                                      | 1       | 7              | 6,350       | 5,917       | 5,773 |



Продолжение табл. 13

| Номиналь-<br>ный диаметр<br>резьбы $d$ | Шаг $P$ | Диаметр резьбы |             |             |        |
|----------------------------------------|---------|----------------|-------------|-------------|--------|
|                                        |         | $d = D$        | $d_2 = D_2$ | $d_1 = D_1$ | $d_s$  |
| 7                                      | 0,75    | 7              | 6,513       | 6,188       | 6,080  |
| 7                                      | 0,5     | 7              | 6,675       | 6,459       | 6,387  |
| 8                                      | 1,25    | 8              | 7,188       | 6,647       | 6,466  |
| 8                                      | 1       | 8              | 7,350       | 6,917       | 6,773  |
| 8                                      | 0,75    | 8              | 7,513       | 7,188       | 7,080  |
| 8                                      | 0,5     | 8              | 7,675       | 7,459       | 7,387  |
| 9                                      | 1,25    | 9              | 8,188       | 7,647       | 7,466  |
| 9                                      | 1       | 9              | 8,350       | 7,917       | 7,773  |
| 9                                      | 0,75    | 9              | 8,513       | 8,188       | 8,080  |
| 9                                      | 0,5     | 9              | 8,675       | 8,459       | 8,387  |
| 10                                     | 1,5     | 10             | 9,026       | 8,376       | 8,160  |
| 10                                     | 1,25    | 10             | 9,188       | 8,647       | 8,466  |
| 10                                     | 1       | 10             | 9,350       | 8,917       | 8,773  |
| 10                                     | 0,75    | 10             | 9,513       | 9,188       | 9,080  |
| 10                                     | 0,5     | 10             | 9,675       | 9,459       | 9,387  |
| 11                                     | 1,5     | 11             | 10,026      | 9,376       | 9,160  |
| 11                                     | 1       | 11             | 10,350      | 9,917       | 9,773  |
| 11                                     | 0,75    | 11             | 10,513      | 10,188      | 10,080 |
| 11                                     | 0,5     | 11             | 10,675      | 10,459      | 10,387 |
| 12                                     | 1,75    | 12             | 10,863      | 10,106      | 9,853  |
| 12                                     | 1,5     | 12             | 11,026      | 10,376      | 10,160 |
| 12                                     | 1,25    | 12             | 11,188      | 10,647      | 10,466 |
| 12                                     | 1       | 12             | 11,350      | 10,917      | 10,773 |
| 12                                     | 0,75    | 12             | 11,513      | 11,188      | 11,080 |
| 12                                     | 0,5     | 12             | 11,675      | 11,459      | 11,387 |
| 14                                     | 2       | 14             | 12,701      | 11,835      | 11,546 |
| 14                                     | 1,5     | 14             | 13,026      | 12,376      | 12,160 |
| 14                                     | 1,25    | 14             | 13,188      | 12,647      | 12,466 |
| 14                                     | 1       | 14             | 13,350      | 12,917      | 12,773 |
| 14                                     | 0,75    | 14             | 13,513      | 13,188      | 13,080 |
| 14                                     | 0,5     | 14             | 13,675      | 13,459      | 13,387 |
| 15                                     | 1,5     | 15             | 14,026      | 13,376      | 13,160 |
| 15                                     | 1       | 15             | 14,350      | 13,917      | 13,773 |
| 16                                     | 2       | 16             | 14,701      | 13,835      | 13,546 |
| 16                                     | 1,5     | 16             | 15,026      | 14,376      | 14,160 |
| 16                                     | 1       | 16             | 15,350      | 14,917      | 14,773 |
| 16                                     | 0,75    | 16             | 15,513      | 15,188      | 15,080 |
| 16                                     | 0,5     | 16             | 15,675      | 15,459      | 15,387 |
| 17                                     | 1,5     | 17             | 16,026      | 15,376      | 16,160 |
| 17                                     | 1       | 17             | 16,350      | 15,917      | 15,773 |
| 18                                     | 2,5     | 18             | 16,376      | 15,294      | 14,933 |
| 18                                     | 2       | 18             | 16,701      | 15,835      | 15,546 |
| 18                                     | 1,5     | 18             | 17,026      | 16,376      | 16,160 |
| 18                                     | 1       | 18             | 17,350      | 16,917      | 16 773 |
| 18                                     | 0,75    | 18             | 17,513      | 17,188      | 17,080 |

Продолжение табл. 13

| Номиналь-<br>ный диаметр<br>резьбы $d$ | Шаг $P$ | Диаметр резьбы |             |             |        |
|----------------------------------------|---------|----------------|-------------|-------------|--------|
|                                        |         | $d = D$        | $d_2 = D_2$ | $d_1 = D_1$ | $d_3$  |
| 18                                     | 0,5     | 18             | 17,675      | 17,459      | 17,387 |
| 20                                     | 2,5     | 20             | 18,376      | 17,294      | 16,933 |
| 20                                     | 2       | 20             | 18,701      | 17,835      | 17,546 |
| 20                                     | 1,5     | 20             | 19,026      | 18,376      | 18,160 |
| 20                                     | 1       | 20             | 19,350      | 18,917      | 18,773 |
| 20                                     | 0,75    | 20             | 19,513      | 19,188      | 19,080 |
| 20                                     | 0,5     | 20             | 19,675      | 19,459      | 19,387 |
| 22                                     | 2,5     | 22             | 20,376      | 19,294      | 18,933 |
| 22                                     | 2       | 22             | 20,701      | 19,835      | 19,546 |
| 22                                     | 1,5     | 22             | 21,026      | 20,376      | 20,160 |
| 22                                     | 1       | 22             | 21,350      | 20,917      | 20,773 |
| 22                                     | 0,75    | 22             | 21,513      | 21,188      | 21,080 |
| 22                                     | 0,5     | 22             | 21,675      | 21,459      | 21,387 |
| 24                                     | 3       | 24             | 22,051      | 20,752      | 20,319 |
| 24                                     | 2       | 24             | 22,701      | 21,835      | 21,546 |
| 24                                     | 1,5     | 24             | 23,026      | 22,376      | 22,160 |
| 24                                     | 1       | 24             | 23,350      | 22,917      | 22,773 |
| 24                                     | 0,75    | 24             | 23,513      | 23,188      | 23,080 |
| 25                                     | 2       | 25             | 23,701      | 22,835      | 22,546 |
| 25                                     | 1,5     | 25             | 24,026      | 23,376      | 23,160 |
| 25                                     | 1       | 25             | 24,350      | 23,917      | 23,773 |

Примечание. В ГОСТ 24705—81 приведены размеры резьб для диаметров до 600 мм с шагом до 6 мм.

ней цилиндрической резьбы с наружной конической резьбой; угол профиля трубной резьбы  $\alpha = 55^\circ$ , трубная резьба измеряется в дюймах.

Трапецеидальную симметричную резьбу используют для механизмов, передающих усилие в обоих направлениях, например, в ходовых винтах, винтах суппортов и др. Угол профиля трапецеидальной резьбы  $\alpha = 30^\circ$ . ГОСТ 9484—81 устанавливает профиль трапецеидальной резьбы и размеры ее элементов (табл. 16). В табл. 17 приведены диаметры и шаги трапецеидальной однозаходной резьбы (ГОСТ 24738—81). При выборе диаметров ряд 1 следует предпочитать ряду 2. Однозаходные трапецеидальные резьбы обозначают буквами Тр. В обозначении указывают также номинальный диаметр и шаг (например, Тр 40×6). Для левой резьбы после условного обозначения ставят буквы ЛН (например, Тр 40×6ЛН).

## 14. Длина свинчивания метрической резьбы (ГОСТ 16093—81)

Размеры, мм

| Номинальный диаметр резьбы $d$ | Шаг $P$ | Длина свинчивания |                |                |
|--------------------------------|---------|-------------------|----------------|----------------|
|                                |         | $S$ ,<br>менее    | $N$            | $L$ ,<br>более |
| От 1 до 1,4                    | 0,2     | 0,5               | Св. 0,5 до 1,4 | 1,4            |
|                                | 0,25    | 0,6               | » 0,6 » 1,7    | 1,7            |
|                                | 0,3     | 0,7               | » 0,7 » 2      | 2,0            |
| Св. 1,4 до 2,8                 | 0,2     | 0,5               | Св. 0,5 до 1,5 | 1,5            |
|                                | 0,25    | 0,6               | » 1,6 » 1,9    | 1,9            |
|                                | 0,35    | 0,8               | » 0,8 » 2,6    | 2,6            |
|                                | 0,4     | 1                 | » 1 » 3        | 3              |
|                                | 0,45    | 1,3               | » 1,3 » 3,8    | 3,8            |
| Св. 2,8 до 5,6                 | 0,25    | 0,7               | Св. 0,7 до 2,1 | 2,1            |
|                                | 0,35    | 1                 | » 1 » 3        | 3              |
|                                | 0,5     | 1,5               | » 1,5 » 4,5    | 4,5            |
|                                | 0,6     | 1,7               | » 1,7 » 5      | 5              |
|                                | 0,7     | 2                 | » 2 » 6        | 6              |
|                                | 0,75    | 2,2               | » 2,2 » 6,7    | 6,7            |
|                                | 0,8     | 2,5               | » 2,5 » 7,5    | 7,5            |
|                                |         |                   |                |                |
| Св. 5,6 до 11,2                | 0,25    | 0,8               | Св. 0,8 до 2,4 | 2,4            |
|                                | 0,35    | 1,1               | » 1,1 » 3,4    | 3,4            |
|                                | 0,5     | 1,6               | » 1,6 » 4,7    | 4,7            |
|                                | 0,75    | 2,4               | » 2,4 » 7,1    | 7,1            |
|                                | 1       | 3                 | » 3 » 9        | 9              |
|                                | 1,25    | 4                 | » 4 » 12       | 12             |
|                                | 1,5     | 5                 | » 5 » 15       | 15             |
|                                |         |                   |                |                |
| Св. 11,2 до 22,4               | 0,35    | 1,3               | Св. 1,3 до 3,8 | 3,8            |
|                                | 0,5     | 1,8               | » 1,8 » 5,5    | 5,5            |
|                                | 0,75    | 2,8               | » 2,8 » 8,3    | 8,3            |
|                                | 1       | 3,8               | » 3,8 » 11     | 11             |
|                                | 1,25    | 4,5               | » 4,5 » 13     | 13             |
|                                | 1,5     | 5,6               | » 5,6 » 16     | 16             |
|                                | 1,75    | 6                 | » 6 » 18       | 18             |
|                                | 2       | 8                 | » 8 » 24       | 24             |
|                                | 2,5     | 10                | » 10 » 30      | 30             |
|                                |         |                   |                |                |
| Св. 22,4 до 45                 | 0,5     | 2,1               | Св. 2,1 до 6,3 | 6,3            |
|                                | 0,75    | 3,1               | » 3,1 » 9,5    | 9,5            |
|                                | 1       | 4                 | » 4 » 12       | 12             |
|                                | 1,5     | 6,3               | » 6,3 » 19     | 19             |
|                                | 2       | 8,5               | » 8,5 » 25     | 25             |

Продолжение табл. 14

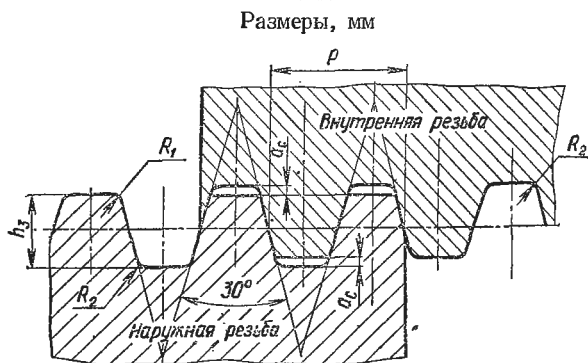
| Номинальный диаметр резьбы $d$ | Шаг $P$ | Длина свинчивания |                |                |
|--------------------------------|---------|-------------------|----------------|----------------|
|                                |         | $S$ ,<br>менее    | $N$            | $L$ ,<br>более |
| Св. 22,4 до 45                 | 3       | 12                | Св. 12 до 36   | 36             |
|                                | 3,5     | 15                | » 15 » 45      | 45             |
|                                | 4       | 18                | » 18 » 53      | 53             |
|                                | 4,5     | 21                | » 21 » 63      | 63             |
| Св. 45 до 90                   | 0,5     | 2,4               | Св. 2,4 до 7,1 | 7,1            |
|                                | 0,75    | 3,6               | » 3,6 » 11     | 11             |
|                                | 1       | 4,8               | » 4,8 » 14     | 14             |
|                                | 1,5     | 7,5               | » 7,5 » 22     | 22             |
|                                | 2       | 9,5               | » 9,5 » 28     | 28             |
|                                | 3       | 15                | » 15 » 45      | 45             |
|                                | 4       | 19                | » 18 » 56      | 56             |
|                                | 5       | 24                | » 24 » 71      | 71             |
|                                | 5,5     | 28                | » 28 » 85      | 85             |
|                                | 6       | 32                | » 32 » 95      | 95             |
|                                |         |                   |                |                |
| Св. 90 до 180                  | 0,75    | 4,2               | Св. 4,2 до 12  | 12             |
|                                | 1       | 5,6               | » 5,6 » 16     | 16             |
|                                | 1,5     | 8,3               | » 8,3 » 25     | 25             |
|                                | 2       | 12                | » 12 » 36      | 36             |
|                                | 3       | 18                | » 18 » 63      | 53             |
|                                | 4       | 24                | » 24 » 71      | 71             |
|                                | 6       | 36                | » 36 » 106     | 106            |
| Св. 180 до 355                 | 1,5     | 9,5               | Св. 9,5 до 28  | 28             |
|                                | 2       | 13                | » 13 » 38      | 38             |
|                                | 3       | 20                | » 20 » 60      | 60             |
|                                | 4       | 26                | » 26 » 80      | 80             |
|                                | 6       | 40                | » 40 » 118     | 118            |
| Св. 355 до 600                 | 2       | 15                | Св. 15 до 45   | 45             |
|                                | 4       | 29                | » 29 » 87      | 87             |
|                                | 6       | 43                | » 43 » 130     | 130            |

## 15. Трубная цилиндрическая резьба (ГОСТ 6357—81)

Размеры, мм

| Обозначение резьбы,<br>дюймы |                | Число<br>шагов $z$<br>на длине<br>25,44 мм | Шаг<br>$P$                               | Диаметр резьбы                   |                                          |                                |
|------------------------------|----------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------|
| 1-й ряд                      | 2-й ряд        |                                            |                                          | наруж-<br>ный<br>$d = D$         | средний<br>$d_2 = D_2$                   | внутрен-<br>ний<br>$d_1 = D_1$ |
| $1/16$<br>$1/8$              | —              | 28                                         | 0,907                                    | 7,723<br>7,723<br>9,728<br>9,728 | 7,142<br><br>9,147                       | 6,561<br><br>8,566             |
| $1/4$<br>$3/8$               | —              | 19                                         | 1,337                                    | 13,157<br>16,662                 | 12,301<br>15,806                         | 11,445<br>14,950               |
| $1/2$                        |                | 14                                         | 1,814                                    | 20,955                           | 19,793                                   | 18,631                         |
| $3/4$                        | $5/8$<br>$7/8$ |                                            |                                          | 22,911<br>26,441<br>30,201       | 21,749<br>25,279<br>29,039               | 20,587<br>24,117<br>27,877     |
|                              | 11             |                                            |                                          | 2,309                            | $1$<br>$1 1/4$                           | 33,249<br>37,897<br>41,910     |
| $1 1/2$                      |                | 44,323<br>47,803<br>53,746                 | 42,844<br>46,324<br>52,267               |                                  | 41,365<br>44,845<br>50,788               |                                |
| $2$<br>$2 1/2$               |                | 59,614<br>65,710<br>75,184                 | 58,135<br>64,231<br>73,705               |                                  | 56,656<br>62,752<br>72,226               |                                |
| $3$                          |                | 81,534<br>87,884<br>93,980                 | 80,055<br>86,405<br>92,501               |                                  | 78,576<br>84,926<br>91,022               |                                |
| $3 1/2$<br>$4$               |                | 100,330<br>106,680<br>113,000              | 98,851<br>105,201<br>111,551             |                                  | 97,372<br>103,722<br>110,072             |                                |
| $5$<br>$6$                   |                | 125,730<br>138,430<br>151,130<br>163,830   | 124,251<br>136,951<br>149,651<br>162,351 |                                  | 122,772<br>135,472<br>148,172<br>160,872 |                                |

# 16. Номинальные профили наружной и внутренней трапецеидальной резьбы и их элементов (ГОСТ 9484—81)



| Шар<br>$P$ | $a_c$ | $h_3$ | $R_{1\max} = 0,5a_c$ | $R_{2\max} = a_c$ | Шар<br>$P$ | $a_c$ | $h_3$ | $R_{1\max} = 0,5a_c$ | $R_{2\max} = a_c$ |
|------------|-------|-------|----------------------|-------------------|------------|-------|-------|----------------------|-------------------|
| 1,5        | 0,15  | 0,9   | 0,075                | 0,15              | 16         | 1     | 9     | 0,5                  | 1                 |
| 2          | 0,25  | 1,25  | 0,125                | 0,25              | 18         | 1     | 10    | 0,5                  | 1                 |
| 3          | 0,25  | 1,75  | 0,125                | 0,25              | 20         | 1     | 11    | 0,5                  | 1                 |
| 4          | 0,25  | 2,25  | 0,125                | 0,25              | 22         | 1     | 12    | 0,5                  | 1                 |
| 5          | 0,25  | 2,75  | 0,125                | 0,25              | 24         | 1     | 13    | 0,5                  | 1                 |
| 6          | 0,5   | 3,5   | 0,25                 | 0,5               | 28         | 1     | 15    | 0,5                  | 1                 |
| 7          | 0,5   | 4     | 0,25                 | 0,5               | 32         | 1     | 17    | 0,5                  | 1                 |
| 8          | 0,5   | 4,5   | 0,25                 | 0,5               | 36         | 1     | 19    | 0,5                  | 1                 |
| 9          | 0,5   | 5     | 0,25                 | 0,5               | 40         | 1     | 21    | 0,5                  | 1                 |
| 10         | 0,5   | 5,5   | 0,25                 | 0,5               |            |       |       |                      |                   |
| 12         | 0,5   | 6,5   | 0,25                 | 0,5               |            |       |       |                      |                   |
| 14         | 1     | 8     | 0,5                  | 1                 |            |       |       |                      |                   |

Примечание.  $d$  — наружный диаметр резьбы (винта);  $d_2$  — средний диаметр наружной резьбы;  $d_3$  — внутренний диаметр наружной резьбы;  $D_1$  — внутренний диаметр внутренней резьбы;  $D_2$  — средний диаметр внутренней резьбы;  $D_4$  — наружный диаметр внутренней резьбы;  $h_3$  — высота профиля наружной резьбы;  $H_4$  — высота профиля внутренней резьбы;  $H_1$  — рабочая высота профиля;  $a_c$  — зазор по вершине резьбы;  $R_1$  — радиус скругления по вершине наружной резьбы;  $R_2$  — радиус скругления по впадине наружной и внутренней резьбы;  $P$  — шаг резьбы.

# 17. Диаметры и шаги трапецеидальной однозаходной резьбы (ГОСТ 24738—81)

Размеры, мм

| Номинальные диаметры резьбы $d$ |       | Шаг $P$                         | Номинальные диаметры резьбы $d$ |       | Шаг $P$                          |
|---------------------------------|-------|---------------------------------|---------------------------------|-------|----------------------------------|
| Ряд 1                           | Ряд 2 |                                 | Ряд 1                           | Ряд 2 |                                  |
| 8                               | —     | $\overline{1,5}$ ; 2*           | 28                              | —     | 2*; 3; $\overline{5}$ ; 8        |
| —                               | 9     | 1,5; $\overline{2}$             | —                               | 30    | 3; $\overline{6}$ ; 10           |
| 10                              | —     | 1,5; $\overline{2}$             | 32                              | —     | 3; $\overline{6}$ ; 10           |
| —                               | 11    | $\overline{2}$ ; 3              | —                               | 34    | 3; $\overline{6}$ ; 10           |
| 12                              | —     | 2; $\overline{3}$               | 36                              | —     | 3; $\overline{6}$ ; 10           |
| —                               | 14    | 2; $\overline{3}$               | —                               | 38    | 6*; $\overline{7}$ ; 10          |
| 16                              | —     | 2; $\overline{4}$               | 40                              | —     | 3; 6; $\overline{7}$ ; 10        |
| —                               | 18    | 2; $\overline{4}$               | —                               | 42    | 3; 6; $\overline{7}$ ; 10        |
| 20                              | —     | 2; $\overline{4}$               | 44                              | —     | 3; $\overline{7}$ ; 8; 10        |
| —                               | 22    | 2*; 3; $\overline{5}$ ; 8       | —                               | 46    | 3; $\overline{8}$ ; 12           |
| 24                              | —     | 2*; 3; $\overline{5}$ ; 8       | 48                              | —     |                                  |
| —                               | 26    | 2*; 3; $\overline{5}$ ; 8       | —                               | 50    |                                  |
| 52                              | —     | 3; $\overline{8}$ ; 12          | —                               | 95    | 4; 5*; $\overline{12}$ ; 18; 20* |
| —                               | 55    | 8; $\overline{9}$ ; 12; 14      | 100                             | —     | 4; 5*; $\overline{12}$ ; 20      |
| 60                              | —     | 8; $\overline{9}$ ; 12; 14      | —                               | 100   | 4; 5*; $\overline{12}$ ; 20      |
| —                               | 65    | 4; $\overline{10}$ ; 16         | 120                             | —     | 6; 14; 16*; 22; 24*              |
| 70                              | —     |                                 | —                               | 130   | 6; 14; 16*; 22; 24*              |
| —                               | 75    |                                 | 140                             | —     | 6; 14; 16*; 24                   |
| 80                              | —     | 4; $\overline{10}$ ; 16         | —                               | 150   | 6; 16; 24                        |
| —                               | 85    | 4; 5*; $\overline{12}$ ; 18; 20 | 160                             | —     | 6; 8*; 16; 24*; 28               |
| 90                              | —     | 4; 5*; $\overline{12}$ ; 18; 20 | —                               | 170   | 6; 8*; 16; 24*; 28               |

Примечания: 1. В ГОСТе приведены диаметры резьб до 640 мм и шаги до 48 мм.

2. Шаги, заключенные в рамки, являются предпочтительными при разработке новых конструкций.

3. Шаги, обозначенные звездочкой, не следует применять при разработке новых конструкций.

ГОСТ 24739—81 распространяется на многозаходные трапецеидальные резьбы общего применения и устанавливает основные размеры для резьбы с диаметрами 10—320 мм и углом профиля  $30^\circ$  по ГОСТ 9484—81. Для многозаходных резьб

$$P_h = Pn,$$

где  $P_h$  — ход резьбы;  $P$  — шаг резьбы;  $n$  — число заходов.

Упорную или трапецеидальную несимметричную резьбу используют при больших односторонних осевых нагрузках (в прессах, домкратах и т. п.). Профиль резьбы неравнобокий с углом наклона рабочей поверхности  $3^\circ$ ; задний угол профиля  $30^\circ$ . Профиль и основные размеры упорной резьбы диаметром 10—600 мм регламентированы ГОСТ 10177—82.

Конические резьбы. Основные размеры метрической конической резьбы с конусностью 1 : 16 регламентированы ГОСТ 25229—82; данную резьбу используют для конических резьбовых соединений, а также в соединениях наружной конической резьбы с внутренней цилиндрической резьбой с номинальным профилем по ГОСТ 9150—81.

Размеры конической дюймовой резьбы с углом профиля  $60^\circ$  регламентированы ГОСТ 6211—81. Стандарт распространяется на резьбовые соединения топливных, масляных, водяных и воздушных трубопроводов машин и станков. Номинальный профиль трубной конической резьбы (наружной и внутренней) и размеры его элементов представлены на рис. 6.

Выход резьбы и отверстия. В табл. 18 и 20 приведены размеры сбегов и недорезов соответственно для наружной и внутренней метрической резьбы, а в табл. 19 и 21 размеры проточек соответственно для наружной и внутренней метрической резьбы (ГОСТ 10549—80).

В табл. 22 даны размеры сбегов, недорезов, проточек и фасок для конической дюймовой резьбы с углом профиля  $60^\circ$  (ГОСТ 6111—52).

ГОСТ 11284—75 устанавливает размеры сквозных отверстий под болты, винты, шпильки и заклепки с диаметром стержней 1—160 мм, применяемых для соединения



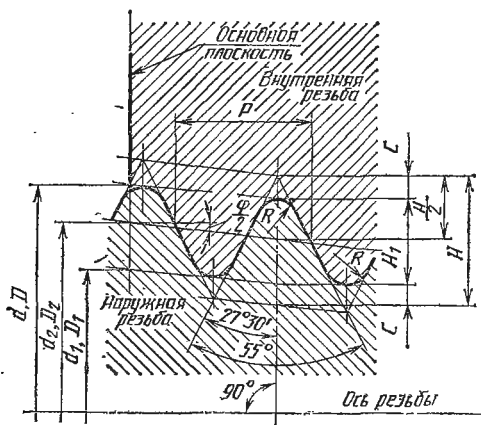


Рис. 6. Основные элементы трубной конической резьбы (ГОСТ 6211—81):

$d$  — наружный диаметр наружной конической резьбы;  $d_1$  — внутренний диаметр наружной конической резьбы;  $d_2$  — средний диаметр наружной конической резьбы;  $D$  — наружный диаметр внутренней конической резьбы;  $D_1$  — внутренний диаметр внутренней конической резьбы;  $D_2$  — средний диаметр внутренней конической резьбы;  $P$  — шаг резьбы;  $\phi$  — угол конуса;  $\phi/2$  — угол уклона;  $H$  — высота исходного треугольника;  $H_1$  — рабочая высота профиля;  $R$  — радиус закругления вершины и впадины резьбы;  $C$  — срез вершин и впадин резьбы

деталей с зазорами (табл. 23); в табл. 24 приведены рекомендации по выбору ряда размеров сквозных отверстий.

В табл. 25 даны размеры центровых отверстий с углом конуса  $60^\circ$  (ГОСТ 14034—74), а в табл. 26 размеры центровых отверстий с метрической резьбой.

**Болты, винты, шпильки, гайки, шайбы. Стопорение крепежных деталей.** Болты, винты, шпильки, гайки, шайбы и гаечные замки изготавливают общего и специального применения. Все детали общего и частично специального назначения стандартизованы.

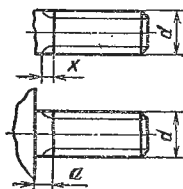
В табл. 27 и 28 приведены размеры концов болтов, винтов и шпилек (ГОСТ 12414—66).

**Болты** (табл. 29) общего назначения по точности изготовления различают: класса А (повышенной точности); класса В (нормальной точности); класса С (грубой точности).

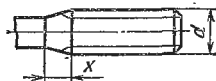
Стандартные болты общего назначения изготавливают: с шестигранной головкой; с шестигранной головкой и отверстиями в ней (для проволоки с целью стопорения);

# 18. Сбеги и недорезы для наружной метрической резьбы (ГОСТ 10549—80)

При нарезании резьбы



При накатывании резьбы



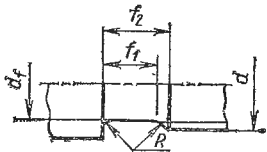
Размеры, мм

| Шаг<br>резьбы<br>$P$ | Номи-<br>нальный<br>диаметр<br>резьбы $d$ | Сбег $x_{\text{тах}}$             |                             | Недорез $a_{\text{тах}}$        |                          |                         |
|----------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                      |                                           | нормаль-<br>ный<br>$\approx 2,5P$ | короткий<br>$\approx 1,25P$ | нормаль-<br>ный<br>$\approx 3P$ | короткий<br>$\approx 2P$ | длинный<br>$\approx 4P$ |
| 0,20                 | —                                         | 0,5                               | 0,25                        | 0,6                             | 0,4                      | —                       |
| 0,25                 | 1; 1,1;                                   | 0,6                               | 0,3                         | 0,75                            | 0,5                      | —                       |
|                      | 1,2                                       |                                   |                             |                                 |                          |                         |
| 0,30                 | 1,4                                       | 0,75                              | 0,4                         | 0,9                             | 0,6                      | —                       |
| 0,35                 | 1,6                                       | 0,9                               | 0,45                        | 1,05                            | 0,7                      | —                       |
| 0,40                 | 2                                         | 1                                 | 0,5                         | 1,2                             | 0,8                      | —                       |
| 0,45                 | 2,5                                       | 1,1                               | 0,6                         | 1,35                            | 0,9                      | —                       |
| 0,50                 | 3                                         | 1,25                              | 0,7                         | 1,5                             | 1,0                      | —                       |
| 0,60                 | 3,5                                       | 1,5                               | 0,75                        | 1,8                             | 1,2                      | —                       |
| 0,70                 | 4                                         | 1,75                              | 0,9                         | 2,1                             | 1,4                      | —                       |
| 0,75                 | 4,5                                       | 1,9                               | 1                           | 2,25                            | 1,5                      | —                       |
| 0,80                 | 5                                         | 2,0                               | 1                           | 2,4                             | 1,6                      | 3,2                     |
| 1,00                 | 6                                         | 2,5                               | 1,25                        | 3                               | 2                        | 4                       |
| 1,25                 | 8                                         | 3,2                               | 1,6                         | 4                               | 2,5                      | 5                       |
| 1,50                 | 10                                        | 3,8                               | 1,9                         | 4,5                             | 3                        | 6                       |
| 1,75                 | 12                                        | 4,3                               | 2,2                         | 5,3                             | 3,5                      | 7                       |
| 2,00                 | 14; 16                                    | 5                                 | 2,5                         | 6                               | 4                        | 8                       |
| 2,50                 | 18; 20;                                   | 6,3                               | 3,2                         | 7,5                             | 5                        | 10                      |
|                      | 22                                        |                                   |                             |                                 |                          |                         |
| 3,00                 | 24; 27                                    | 7,5                               | 3,8                         | 9                               | 6                        | 12                      |
| 3,50                 | 30; 33                                    | 9                                 | 4,5                         | 10,5                            | 7                        | 14                      |
| 4,00                 | 36; 39                                    | 10                                | 5                           | 12                              | 8                        | 16                      |
| 4,50                 | 42; 45                                    | 11                                | 5,5                         | 13                              | 9                        | 18                      |
| 5,00                 | 48; 52                                    | 12                                | 6,3                         | 15                              | 10                       | 20                      |
| 5,50                 | 56; 60                                    | 14                                | 7                           | 16,5                            | 11                       | 22                      |
| 6,00                 | 64; 68                                    | 15                                | 7,5                         | 18,5                            | 12                       | 24                      |

19. Проточки для наружной метрической резьбы

(ГОСТ 10549—80)

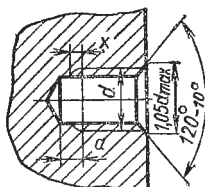
Размеры, мм



| Шаг<br>резьбы<br><i>P</i> | Номиналь-<br>ный диа-<br>метр<br>резьбы <i>d</i> | Проточка                  |       |                           |       | <i>d<sub>f</sub></i> | <i>R</i> ≈ 0,5 <i>P</i> |
|---------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------|-------|---------------------------|-------|----------------------|-------------------------|
|                           |                                                  | нор-<br>маль-<br>ная      | узкая | нор-<br>маль-<br>ная      | узкая |                      |                         |
|                           |                                                  | <i>f</i> <sub>1</sub> min |       | <i>f</i> <sub>2</sub> max |       |                      |                         |
| 0,2                       | —                                                | 0,45                      | 0,25  | 0,7                       | 0,5   | <i>d</i> — 0,3       | 0,1                     |
| 0,25                      | 1; 1,1;<br>1,2                                   | 0,55                      | 0,25  | 0,9                       | 0,6   | <i>d</i> — 0,4       | 0,12                    |
| 0,30                      | 1,4                                              | 0,6                       | 0,3   | 1,05                      | 0,75  | <i>d</i> — 0,5       | 0,15                    |
| 0,35                      | 1,6                                              | 0,7                       | 0,4   | 1,2                       | 0,9   | <i>d</i> — 0,6       | 0,17                    |
| 0,40                      | 2                                                | 0,8                       | 0,5   | 1,4                       | 1     | <i>d</i> — 0,7       | 0,2                     |
| 0,45                      | 2,5                                              | 1                         | 0,5   | 1,6                       | 1,1   | <i>d</i> — 0,7       | 0,22                    |
| 0,50                      | 3                                                | 1,1                       | 0,5   | 1,75                      | 1,25  | <i>d</i> — 0,8       | 0,25                    |
| 0,60                      | 3,5                                              | 1,2                       | 0,6   | 2,1                       | 1,5   | <i>d</i> — 1         | 0,3                     |
| 0,70                      | 4                                                | 1,5                       | 0,8   | 2,45                      | 1,75  | <i>d</i> — 1,1       | 0,35                    |
| 0,75                      | 4,5                                              | 1,6                       | 0,9   | 2,6                       | 1,9   | <i>d</i> — 1,2       | 0,4                     |
| 0,80                      | 5                                                | 1,7                       | 0,9   | 2,8                       | 2     | <i>d</i> — 1,3       | 0,4                     |
| 1,00                      | 6                                                | 2,1                       | 1,1   | 3,5                       | 2,5   | <i>d</i> — 1,6       | 0,5                     |
| 1,25                      | 8                                                | 2,7                       | 1,5   | 4,4                       | 3,2   | <i>d</i> — 2         | 0,6                     |
| 1,50                      | 10                                               | 3,2                       | 1,8   | 5,2                       | 3,8   | <i>d</i> — 2,3       | 0,75                    |
| 1,75                      | 12                                               | 3,9                       | 2,1   | 6,1                       | 4,3   | <i>d</i> — 2,6       | 0,9                     |
| 2,00                      | 14; 16                                           | 4,5                       | 2,5   | 7                         | 5     | <i>d</i> — 3         | 1                       |
| 2,50                      | 18; 20;<br>22                                    | 5,6                       | 3,2   | 8,7                       | 6,3   | <i>d</i> — 3,6       | 1,25                    |
| 3,00                      | 24; 27                                           | 6,7                       | 3,7   | 10,5                      | 7,5   | <i>d</i> — 4,4       | 1,5                     |
| 3,50                      | 30; 33                                           | 7,7                       | 4,7   | 12                        | 9     | <i>d</i> — 5         | 1,75                    |
| 4,00                      | 36; 39                                           | 9                         | 5     | 14                        | 10    | <i>d</i> — 5,7       | 2                       |
| 4,50                      | 42; 45                                           | 10,5                      | 5,5   | 16                        | 11    | <i>d</i> — 6,4       | 2,25                    |
| 5,00                      | 48; 52                                           | 11,5                      | 6,5   | 17,5                      | 12,5  | <i>d</i> — 7         | 2,5                     |
| 5,50                      | 56; 60                                           | 12,5                      | 7,5   | 19                        | 14    | <i>d</i> — 7,7       | 2,75                    |
| 6,00                      | 64; 68                                           | 14                        | 8     | 21                        | 15    | <i>d</i> — 8,8       | 3                       |

# 20. Сбеги и недорезы для внутренней метрической резьбы (ГОСТ 10549—80)

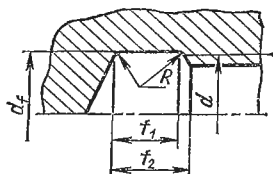
Размеры, мм



| Шаг резьбы<br>$P$ | Номиналь-<br>ный диаметр<br>резьбы $d$ | Сбег $x_{\max}$      |                    |              | Недорез $a_{\min}$   |                    |              |
|-------------------|----------------------------------------|----------------------|--------------------|--------------|----------------------|--------------------|--------------|
|                   |                                        | нор-<br>маль-<br>ный | ко-<br>рот-<br>кий | длин-<br>ный | нор-<br>маль-<br>ный | ко-<br>рот-<br>кий | длин-<br>ный |
| 0,20              | —                                      | 0,4                  | 0,3                | 0,8          | 1,6                  | 1                  | 2            |
| 0,25              | 1; 1,2                                 | 0,5                  | 0,3                | 1            | 1,8                  | 1,2                | 2,5          |
| 0,30              | 1,4                                    | 0,6                  | 0,4                | 1,2          | 2                    | 1,2                | 2,8          |
| 0,35              | 1,6                                    | 0,7                  | 0,4                | 1,4          | 2,2                  | 1,5                | 3,2          |
| 0,40              | 2                                      | 0,8                  | 0,6                | 1,6          | 2,5                  | 1,5                | 3,5          |
| 0,45              | 2,5                                    | 0,9                  | 0,6                | 1,8          | 3                    | 2                  | 4            |
| 0,50              | 3                                      | 1                    | 0,8                | 2            | 3                    | 2                  | 5            |
| 0,60              | 3,5                                    | 1,2                  | 0,8                | 2,4          | 3,5                  | 2,5                | 5,5          |
| 0,70              | 4                                      | 1,4                  | 1                  | 2,8          | 3,5                  | 2,5                | 6            |
| 0,75              | —                                      | 1,5                  | 1                  | 3            | 4                    | 2,5                | 7            |
| 0,80              | 5                                      | 1,6                  | 1,2                | 3,2          | 4                    | 2,5                | 8            |
| 1,00              | 6                                      | 2                    | 1,5                | 4            | 6                    | 4                  | 10           |
| 1,25              | 8                                      | 2,5                  | 1,8                | 5            | 8                    | 4                  | 12           |
| 1,50              | 10                                     | 3                    | 2                  | 6            | 9                    | 4                  | 13           |
| 1,75              | 12                                     | 3,5                  | 2,5                | 7            | 11                   | 5                  | 16           |
| 2,00              | 14; 16                                 | 4                    | 3                  | 8            | 11                   | 5                  | 16           |
| 2,50              | 18; 20;<br>22                          | 5                    | 3,5                | 10           | 12                   | 6                  | 18           |
| 3,00              | 24; 27                                 | 6                    | 4                  | 12           | 15                   | 7                  | 22           |
| 3,50              | 30; 32                                 | 7                    | 5                  | 14           | 17                   | 8                  | 25           |
| 4,00              | 36; 39                                 | 8                    | 6                  | 16           | 19                   | 9                  | 28           |
| 4,50              | 42; 45                                 | 8                    | 6                  | 18           | 23                   | 11                 | 33           |
| 5,00              | 48; 52                                 | 10                   | 7                  | 20           | 26                   | 12                 | 37           |
| 5,50              | 56; 60                                 | 11                   | 8                  | 22           | 28                   | 13                 | 40           |
| 6,00              | 64; 68                                 | 12                   | 9                  | 24           | 28                   | 13                 | 42           |

# 21. Проточки для внутренней метрической резьбы (ГОСТ 10549—80)

Размеры, мм

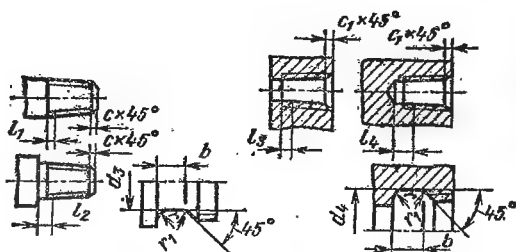


| Шаг<br>резьбы $P$ | Нормаль-<br>ный диа-<br>метр<br>резьбы $d$ | Проточка             |                    |                      |                    | $d_f$     | $R \approx 0,5P$ |
|-------------------|--------------------------------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-----------|------------------|
|                   |                                            | нор-<br>маль-<br>ная | ко-<br>рот-<br>кая | нор-<br>маль-<br>ная | ко-<br>рот-<br>кая |           |                  |
|                   |                                            | $l_1 \text{ min}$    |                    | $l_2 \text{ max}$    |                    |           |                  |
| 0,2               | —                                          | 0,8                  | 0,5                | 1,2                  | 0,9                | $d + 0,1$ | 0,1              |
| 0,25              | 1; 1,2                                     | 1                    | 0,6                | 1,4                  | 1                  | $d + 0,1$ | 0,12             |
| 0,3               | 1,4                                        | 1,2                  | 0,75               | 1,6                  | 1,25               | $d + 0,1$ | 0,15             |
| 0,35              | 1,6                                        | 1,4                  | 0,9                | 1,9                  | 1,4                | $d + 0,2$ | 0,17             |
| 0,4               | 2                                          | 1,6                  | 1                  | 2,2                  | 1,6                | $d + 0,2$ | 0,2              |
| 0,45              | 2,5                                        | 1,8                  | 1,1                | 2,4                  | 1,7                | $d + 0,2$ | 0,22             |
| 0,5               | 3                                          | 2                    | 1,25               | 2,7                  | 2                  | $d + 0,3$ | 0,25             |
| 0,6               | 3,5                                        | 2,4                  | 1,5                | 3,3                  | 2,4                | $d + 0,3$ | 0,3              |
| 0,7               | 4                                          | 2,8                  | 1,75               | 3,8                  | 2,75               | $d + 0,3$ | 0,35             |
| 0,75              | —                                          | 3                    | 1,9                | 4                    | 2,9                | $d + 0,3$ | 0,4              |
| 0,8               | 5                                          | 3,2                  | 2                  | 4,2                  | 3                  | $d + 0,3$ | 0,4              |
| 1                 | 6                                          | 4                    | 2,5                | 5,2                  | 3,7                | $d + 0,5$ | 0,5              |
| 1,25              | 8                                          | 5                    | 3,2                | 6,7                  | 4,9                | $d + 0,5$ | 0,6              |
| 1,5               | 10                                         | 6                    | 3,8                | 7,8                  | 5,6                | $d + 0,5$ | 0,75             |
| 1,75              | 12                                         | 7                    | 4,3                | 9,1                  | 6,4                | $d + 0,5$ | 0,9              |
| 2                 | 14; 16                                     | 8                    | 5                  | 10,3                 | 7,3                | $d + 0,5$ | 1                |
| 2,5               | 18; 20;<br>22                              | 18                   | 10                 | 6,3                  | 13                 | $d + 0,5$ | 1,25             |
| 3                 | 24; 27                                     | 12                   | 7,5                | 15,2                 | 10,7               | $d + 0,5$ | 1,5              |
| 3,5               | 30; 32                                     | 14                   | 9                  | 17,7                 | 12,7               | $d + 0,5$ | 1,75             |
| 4                 | 36; 39                                     | 16                   | 10                 | 20                   | 14                 | $d + 0,5$ | 2                |
| 4,5               | 42; 45                                     | 18                   | 11                 | 23                   | 16                 | $d + 0,5$ | 2,25             |
| 5                 | 48; 52                                     | 20                   | 12,5               | 26                   | 18,5               | $d + 0,5$ | 2,5              |
| 5,5               | 56; 60                                     | 22                   | 14                 | 28                   | 20                 | $d + 0,5$ | 2,75             |
| 6                 | 64; 68                                     | 24                   | 15                 | 30                   | 21                 | $d + 0,5$ | 3                |

22. Сбеги, недорезы, проточки и фаски для конической дюймовой резьбы с углом профиля  $60^\circ$  (ГОСТ 6111—52)

Для наружной резьбы

Для внутренней резьбы



Размеры, мм

| Размеры резьбы, дюй-<br>мы | Число витков на 1" | Наружная резьба.                                                  |                    |          |     |       |       | Внутренняя резьба |                   |          |     |       |       |     | Фаска $c = c_1$ |
|----------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------|----------|-----|-------|-------|-------------------|-------------------|----------|-----|-------|-------|-----|-----------------|
|                            |                    | Сбег $l_1$ при угле<br>заборной части ин-<br>струмента $20^\circ$ | Недорез $l_{2max}$ | Проточка |     |       |       | Сбег $l_3$ max    | Недорез $l_4$ max | Проточка |     |       |       |     |                 |
|                            |                    |                                                                   |                    | $b$      | $r$ | $r_1$ | $d_4$ |                   |                   | $b$      | $r$ | $r_1$ | $d_4$ |     |                 |
|                            |                    |                                                                   |                    |          |     |       |       |                   |                   |          |     |       |       |     |                 |
| $\frac{1}{16}$             | 27                 | 2,5                                                               | 3,5                | 2        | 0,5 | 0,3   | 6     | 3,0               | 6                 | 3        | 1,0 | 0,5   | 8,5   | 1,0 |                 |
| $\frac{1}{8}$              |                    |                                                                   |                    |          |     |       | 8     |                   |                   |          |     |       | 10,5  |     |                 |
| $\frac{1}{4}$              | 18                 | 3,5                                                               | 5,5                | 3        | 1,0 |       | 11    | 4,0               | 9                 | 4        | 1,0 | 0,5   | 14,0  |     |                 |
| $\frac{3}{8}$              |                    |                                                                   |                    |          |     |       | 14    |                   |                   |          |     |       |       |     | 17,5            |
| $\frac{1}{2}$              | 14                 | 4,5                                                               | 6,0                | 4        | 0,5 |       | 18    | 5,5               | 11                | 6        | 1,6 | 1,0   | 22,0  | 1,6 |                 |
| $\frac{3}{4}$              |                    |                                                                   |                    |          |     |       | 23    |                   |                   |          |     |       |       |     | 27,0            |
| $1$                        | —                  | 5,5                                                               | 7,0                | 5        | 1,6 |       | 29    | 6,5               | 14                | 7        |     |       | 34,0  | 2,0 |                 |
| $1\frac{1}{4}$             |                    |                                                                   |                    |          |     |       | 38    |                   |                   |          |     |       |       |     | 42,5            |
| $1\frac{1}{2}$             |                    |                                                                   |                    |          |     |       | 44    |                   |                   |          |     |       |       |     | 48,5            |
| 2                          |                    |                                                                   |                    |          |     |       | 56    |                   |                   |          |     |       | 60,5  |     |                 |

## 23. Отверстия сквозные под крепежные детали (ГОСТ 11284—75)

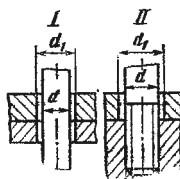
Размеры, мм (см. табл. 24)

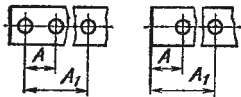
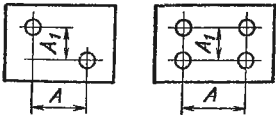
| Диаметр $d$<br>стержней<br>крепежных<br>деталей | Диаметр $d_1$ сквозных<br>отверстий |            |            | Диаметр $d$<br>стержней<br>крепежных<br>деталей | Диаметр $d_1$ сквоз-<br>ных отверстий |            |            |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------|------------|------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|------------|------------|
|                                                 | 1-й<br>ряд                          | 2-й<br>ряд | 3-й<br>ряд |                                                 | 1-й<br>ряд                            | 2-й<br>ряд | 3-й<br>ряд |
| 1                                               | 1,2                                 | 1,3        | —          | 42                                              | 43                                    | 45         | 48         |
| 1,2                                             | 1,4                                 | 1,5        | —          | 45                                              | 46                                    | 48         | 52         |
| 1,4                                             | 1,6                                 | 1,7        | —          | 48                                              | 50                                    | 52         | 56         |
| 1,6                                             | 1,7                                 | 1,8        | 2          | 52                                              | 54                                    | 56         | 62         |
| 2                                               | 2,2                                 | 2,4        | 2,6        | 56                                              | 58                                    | 62         | 66         |
| 2,5                                             | 2,7                                 | 2,9        | 3,1        | 60                                              | 62                                    | 66         | 70         |
| 3                                               | 3,2                                 | 3,4        | 3,6        | 64                                              | 66                                    | 70         | 74         |
| 4                                               | 4,3                                 | 4,5        | 4,8        | 68                                              | 70                                    | 74         | 78         |
| 5                                               | 5,3                                 | 5,5        | 5,8        | 72                                              | 74                                    | 78         | 82         |
| 6,6                                             | 6,4                                 | 6,6        | 7          | 76                                              | 78                                    | 82         | 86         |
| 7                                               | 7,4                                 | 7,6        | 8          | 80                                              | 82                                    | 86         | 91         |
| 8                                               | 8,4                                 | 9          | 10         | 85                                              | 87                                    | 91         | 96         |
| 10                                              | 10,5                                | 11         | 12         | 90                                              | 93                                    | 96         | 101        |
| 12                                              | 13                                  | 14         | 15         | 95                                              | 98                                    | 101        | 107        |
| 14                                              | 15                                  | 16         | 17         | 100                                             | 104                                   | 107        | 112        |
| 16                                              | 17                                  | 18         | 19         | 105                                             | 109                                   | 112        | 117        |
| 18                                              | 19                                  | 20         | 21         | 110                                             | 114                                   | 117        | 122        |
| 20                                              | 21                                  | 22         | 24         | 115                                             | 119                                   | 122        | 127        |
| 22                                              | 23                                  | 24         | 26         | 120                                             | 124                                   | 127        | 132        |
| 24                                              | 25                                  | 26         | 28         | 125                                             | 129                                   | 132        | 137        |
| 27                                              | 28                                  | 30         | 32         | 130                                             | 134                                   | 137        | 144        |
| 30                                              | 31                                  | 33         | 35         | 140                                             | 144                                   | 147        | 155        |
| 33                                              | 34                                  | 36         | 38         | 150                                             | 155                                   | 158        | 165        |
| 36                                              | 37                                  | 39         | 42         | 160                                             | 165                                   | 168        | 175        |
| 39                                              | 40                                  | 42         | 45         | —                                               | —                                     | —          | —          |

Примечание. Диаметры отверстий 3-го ряда не допускается использовать для заклепочных соединений.

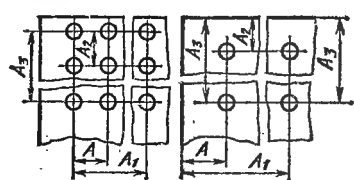
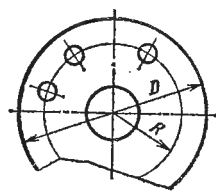
## 24. Ряды размеров сквозных отверстий (ГОСТ 11284—75)

Тип соединений



| Расположение отверстий (и их число)                                                                                                                                    | Способ образования отверстий                                                                                     | Тип соединений | Рекомендуемый ряд сквозных отверстий * |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------|
| Любое                                                                                                                                                                  | (По кондуктору)                                                                                                  | I или II       | 1-й                                    |
| <p>В один ряд; координированы относительно оси отверстия или базовой плоскости</p>  | <p>Пробивка штампами повышенной точности, литьем под давлением и по выплавляемым моделям повышенной точности</p> | I              | 1-й                                    |
|                                                                                                                                                                        |                                                                                                                  | II             | 2-й                                    |
| <p>В два ряда (до четырех отверстий); координированы относительно их осей</p>       | <p>По разметке, пробивка штампами обычной точности, литьем нормальной точности</p>                               | I              | 2-й                                    |
|                                                                                                                                                                        |                                                                                                                  | II             | 3-й                                    |



| Расположение отверстий (и их число)                                                                                                                                           | Способ образования отверстий                                                                                           | Тип соединений          | Рекомендуемый ряд сквозных отверстий *1 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|
| <p>В два ряда и более; координированы относительно осей отверстий или базовых плоскостей</p>  | <p>Пробивка штампами повышенной точности, литьем под давлением, литьем по выплавляемым моделям повышенной точности</p> | <p>I<br/>или<br/>II</p> | <p>2-й</p>                              |
| <p>По окружности</p>                                                                       | <p>По разметке, пробивка штампами обычной точности, литьем нормальной точности</p>                                     | <p>I</p>                | <p>3-й</p>                              |

\*1 См табл. 23.

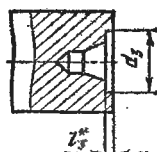
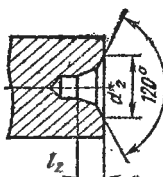
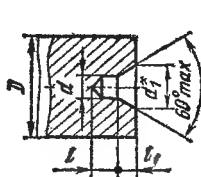
25. Центровые отверстия с углом конуса  $60^\circ$   
(ГОСТ 14034—74)

Форма А

Форма В

\* Размеры для справок.  
Форма Г

Размеры, мм



| D   | d      | d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> | d <sub>3</sub> | L, не менее | l <sub>1</sub> | l <sub>2</sub> | l <sub>3</sub> |
|-----|--------|----------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|
| 4   | 1,0    | 2,12           | 3,15           | —              | 1,3         | 0,97           | 1,27           | —              |
| 5   | (1,25) | 2,65           | 4,00           | —              | 1,6         | 1,21           | 1,60           | —              |
| 6   | 1,6    | 3,35           | 5,00           | —              | 2,0         | 1,52           | 1,99           | —              |
| 10  | 2,0    | 4,25           | 6,30           | 7,0            | 2,5         | 1,95           | 2,54           | 0,6            |
| 14  | 2; 5   | 5,30           | 8,00           | 9,0            | 3,1         | 2,42           | 3,20           | 0,8            |
| 20  | 3,15   | 6,70           | 10,00          | 12,0           | 3,9         | 3,07           | 4,03           | 0,9            |
| 30  | 4      | 8,50           | 12,50          | 16,0           | 5,0         | 3,90           | 5,06           | 1,2            |
| 40  | (5)    | 10,60          | 16,00          | 20,00          | 6,3         | 4,85           | 6,41           | 1,6            |
| 60  | 6,3    | 13,20          | 18,00          | 25,0           | 8,0         | 5,98           | 7,36           | 1,8            |
| 80  | (8)    | 17,00          | 22,40          | 32,0           | 10,1        | 7,79           | 9,35           | 2,0            |
| 100 | 10     | 21,20          | 28,00          | 36,0           | 12,8        | 9,70           | 11,66          | 2,5            |
| 120 | 12     | 25,40          | 33,00          | —              | 14,6        | 11,60          | 13,80          | —              |

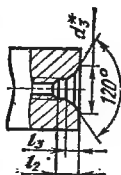
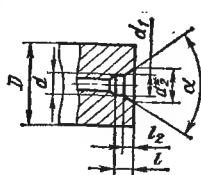
**Примечание.** Рекомендуется применять центровые отверстия формы: А — в случаях, когда после обработки необходимость в центровых отверстиях отпадает; в случаях, когда сохранность центровых отверстий в процессе эксплуатации гарантируется соответствующей термической обработкой; В — в случаях, когда центровые отверстия являются базой для многократного использования, а также когда центровые отверстия сохраняются в готовых деталях; Г — для оправок и калибров.

## 26. Центровые отверстия с метрической резьбой (ГОСТ 14034—74)

Форма F

Форма H

\* Размеры для справок  
Размеры  $D$  рекомендуемые



Размеры, мм

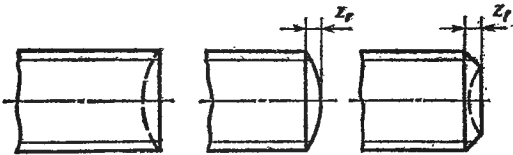
| D для форм |    | d   | d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> | d <sub>3</sub> | l, не более | l <sub>1</sub> | l <sub>2</sub> , не более | l <sub>3</sub> |
|------------|----|-----|----------------|----------------|----------------|-------------|----------------|---------------------------|----------------|
| F          | H  |     |                |                |                |             |                |                           |                |
| 8          | —  | M3  | 3,2            | 5              | —              | 2,8         | 1,56           | —                         | —              |
| 10         | 16 | M4  | 4,3            | 6,5            | 8,2            | 3,5         | 1,90           | 4,0                       | 2,4            |
| 12,5       | 20 | M5  | 5,3            | 8,0            | 11,4           | 4,5         | 2,30           | 5,5                       | 3,3            |
| 16         | 25 | M6  | 6,4            | 10,0           | 13,3           | 5,5         | 3,00           | 6,5                       | 4,0            |
| 20         | 32 | M8  | 8,4            | 12,5           | 16,0           | 7,0         | 3,50           | 8,0                       | 4,5            |
| 25         | 40 | M10 | 11,0           | 15,6           | 19,8           | 9,0         | 4,00           | 10,2                      | 5,2            |
| 32         | 50 | M12 | 13,0           | 18,0           | 22,0           | 10,0        | 4,30           | 11,2                      | 5,5            |
| 40         | 63 | M16 | 17,0           | 22,8           | 28,7           | 11,0        | 5,00           | 12,5                      | 6,5            |
| 63         | 80 | M20 | 21,0           | 28,0           | 33,0           | 12,5        | 6,00           | 14,0                      | 7,5            |
| 100        | —  | M24 | 25,0           | 36,0           | 43,0           | 14,0        | 9,50           | 16,0                      | 11,5           |

**Примечание.** Центровые отверстия форм F и H рекомендуется применять для монтажных работ, транспортирования, хранения и термической обработки деталей в вертикальном положении.

с полукруглой головкой и квадратным подголовком или усом; с потайной головкой и усом или квадратным подголовком. Преимущественное распространение имеют болты с шестигранной головкой.

Болты общего назначения изготовляют: с нормальным стержнем; со стержнем с отверстием под шплинт; со стержнем с цилиндрическим или квадратным подголовком; с утолщенным стержнем для установки в развернутые отверстия без зазора. Концы болтов выполняют плоским с конической фаской; плоским с заточкой.

## 27. Концы болтов, винтов и шпилек (ГОСТ 12414—66)

| Размеры, мм                                                                       |                                  |                |                                  |                |                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------|----------------------------------|----------------|----------------------------------|
|  |                                  |                |                                  |                |                                  |
| Шаг резьбы $P$                                                                    | Ширина фаски (сферы) $Z_{1\max}$ | Шаг резьбы $P$ | Ширина фаски (сферы) $Z_{1\max}$ | Шаг резьбы $P$ | Ширина фаски (сферы) $Z_{1\max}$ |
| 0,25                                                                              | 0,5                              | 0,8            | 1,6                              | 3              | 6                                |
| 0,3                                                                               | 0,6                              | 1              | 2,0                              | 3,5            | 7                                |
| 0,35                                                                              | 0,7                              | 1,25           | 2,5                              | 4              | 8                                |
| 0,4                                                                               | 0,8                              | 1,5            | 3                                | 4,5            | 9                                |
| 0,45                                                                              | 0,9                              | 1,75           | 3,5                              | 5              | 10                               |
| 0,5                                                                               | 1,0                              | 2              | 4                                | 5,5            | 11                               |
| 0,6                                                                               | 1,2                              | 2,5            | 5                                | 6              | 12                               |
| 0,7                                                                               | 1,4                              |                |                                  |                |                                  |

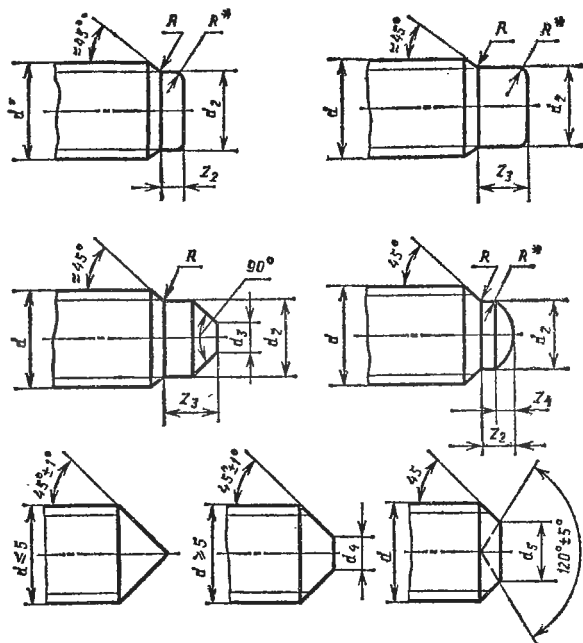
К специальным относят: болты к станочным пазам (ГОСТ 13152—67 и ГОСТ 12201—66); откидные (ГОСТ 14724—69); конические для отверстий из-под развертки (ГОСТ 15163—78); фундаментные и др.

**Винты** общего назначения делят на крепежные (ГОСТ 1491—80, ГОСТ 17473—80, ГОСТ 17474—80, ГОСТ 17475—80, ГОСТ 1488—84, ГОСТ 11738—84, ГОСТ 10336—80 и др.) и установочные (ГОСТ 1482—84, ГОСТ 1485—84, ГОСТ 1476—84, ГОСТ 1477—84, ГОСТ 1478—84, ГОСТ 8878—84, ГОСТ 11074—84, ГОСТ 11075—84). Крепежные винты служат для скрепления соединяемых частей, а установочные — для предотвращения взаимного сдвига деталей. Крепежные винты изготовляют с головкой под ключ и отвертку, а установочные — с головкой под ключ либо без головки со шлицем или углублением под ключ.

Головки винтов выполняют: шестигранные, квадратные, цилиндрические, цилиндрические со сферой, полупотайные, потайные, цилиндрические с углублением под ключ.

## 28. Концы болтов, винтов и шпилек (ГОСТ 12414—66)

Размеры, мм



| $d$ | $d_5 h_{14}$ | $d_{3max}$ | $d_{4max}$ | $d_5 h_{14}$ | $R \approx$ | $Z_2 + IT_{14}$ | $Z_5 + IT_{14}$ | $Z_4$ |
|-----|--------------|------------|------------|--------------|-------------|-----------------|-----------------|-------|
| 1,0 | 0,5          | —          | —          | —            | 0,1         | 0,2             | —               | 0,1   |
| 1,2 | 0,6          | —          | —          | —            | 0,1         | 0,3             | —               | 0,2   |
| 1,4 | 0,7          | —          | —          | 0,7          | 0,1         | 0,3             | —               | 0,2   |
| 1,6 | 0,8          | —          | —          | 0,8          | 0,1         | 0,4             | —               | 0,2   |
| 2,0 | 1            | 0,2        | —          | 1            | 0,1         | 0,5             | 1               | 0,3   |
| 2,5 | 1,5          | 0,3        | —          | 1,2          | 0,2         | 0,6             | 1,2             | 0,4   |
| 3,0 | 2            | 0,4        | —          | 1,4          | 0,3         | 0,7             | 1,5             | 0,4   |
| 3,5 | 2,2          | 0,4        | —          | 1,7          | 0,3         | 0,9             | 1,7             | 0,4   |
| 4,0 | 2,5          | 0,5        | —          | 2            | 0,3         | 1               | 2               | 0,5   |
| 5,0 | 3,5          | 0,5        | —          | 2,5          | 0,3         | 1,2             | 2,5             | 0,6   |
| 6,0 | 4            | 0,5        | 1,5        | 3            | 0,4         | 1,5             | 3               | 0,7   |
| 7,0 | 5            | 0,5        | 2          | 4            | 0,4         | 1,7             | 3,5             | 0,8   |
| 8,0 | 5,5          | 0,5        | 2          | 5            | 0,4         | 2               | 4               | 1     |
| 10  | 7            | 1          | 2,5        | 6            | 0,5         | 2,5             | 5               | 1     |
| 12  | 8,5          | 1          | 3          | 8            | 0,6         | 3               | 6               | 1,2   |

Продолжение табл. 28

| $d$ | $d_2 h_{14}$ | $d_{3max}$ | $d_{4max}$ | $d_5 h_{14}$ | $R_{\infty}$ | $Z_2 + 1T14$ | $Z_3 + 1T14$ | $Z_4$ |
|-----|--------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|
| 14  | 10           | 2          | 4          | 9            | 0,8          | 3,5          | 7            | 1,5   |
| 16  | 12           | 3          | 4          | 10           | 0,8          | 4            | 8            | 1,7   |
| 18  | 13           | 4          | 5          | 12           | 0,8          | 4,5          | 9            | 2     |
| 20  | 15           | 5          | 5          | 14           | 1            | 5            | 10           | 2     |
| 22  | 17           | 5          | 6          | 16           | 1            | 5,5          | 11           | 2,5   |
| 24  | 18           | 6          | 6          | 16           | 1            | 6            | 12           | 2,5   |
| 27  | 21           | 7          | —          | —            | 1,2          | 6,7          | 13,5         | —     |
| 30  | 23           | 7          | —          | —            | 1,2          | 7,5          | 15           | —     |
| 33  | 26           | 8          | —          | —            | 1,6          | 8,2          | 16,5         | —     |
| 36  | 28           | 8          | —          | —            | 1,6          | 9            | 18           | —     |
| 39  | 30           | 8          | —          | —            | —            | 9,7          | 19,5         | —     |
| 42  | 32           | 8          | —          | —            | —            | 10,5         | 21           | —     |
| 45  | 35           | 11         | —          | —            | —            | 11,2         | 22,5         | —     |

*Шпильки* различают нормальной и повышенной точности (табл. 30). Шпильки изготовляют с одинаковыми номинальными диаметрами резьбы и гладкой части или с номинальным диаметром резьбы, большим диаметра гладкой части.

*Гайки* общего назначения изготовляют: класса А (повышенной точности); класса В (нормальной точности); класса С (грубой точности). В табл. 31 приведены основные типы шестигранных гаек.

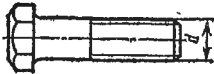
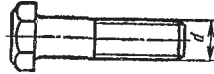
*Стопорение крепежных деталей.* Различают следующие способы предохранения резьбовых элементов от самоотвинчивания:

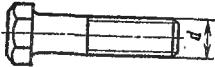
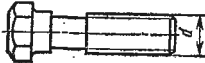
повышением сил трения в резьбе или на опорных торцах головок винтов, болтов и гаек, что достигается применением контргаек (рис. 7, а), пружинных шайб (рис. 7, б) и др.; данный способ позволяет легко регулировать силу затяжки резьбовых деталей путем поворота одной из резьбовых деталей на соответствующий угол;

жестким соединением резьбовых деталей без возможного поворота их, что осуществляется применением стопорных шайб с лапкой по ГОСТ 13463—77 (рис. 7, в), стопорных шайб с носком (рис. 7, д), разводных шплинтов (ГОСТ 397—79) (рис. 7, е), мягкой проволокой (рис. 7, ж) и др.;

путем приварки головки винта, болта, гайки или шпильки (рис. 7, з);

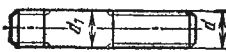
# 29. Основные типы болтов

| Болты с шестигранной головкой                              | ГОСТ    | Эскиз                                                                                              | Резьба<br><i>d</i> , мм | Шаг резьбы, мм |        |
|------------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------|--------|
|                                                            |         |                                                                                                    |                         | крупный        | мелкий |
| Класса точности А                                          | 7805—70 |                  | 1,6—48                  | 0,35—5         | 1—3    |
| Уменьшенной класса точности А                              | 7808—70 | Исполнение 1<br> | 2—48                    | 1,25—5         | 1—3    |
| Уменьшенной и с направляющим подголовком класса точности А | 7811—70 | Исполнение 1<br> | 6—48                    | 1—5            | 1—3    |
| Класса точности В                                          | 7798—70 | Исполнение 1<br> | 6—48                    | 1—5            | 1—3    |
| Уменьшенной класса точности В                              | 7796—70 | Исполнение 1<br> | 8—48                    | 1,25—5         | 1—3    |

| Болты с шестигранной головкой                              | ГОСТ     | Эскиз                                                                                                         | Резьба<br><i>d</i> , мм | Шаг резьбы, мм         |        |
|------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|--------|
|                                                            |          |                                                                                                               |                         | крупный                | мелкий |
| Уменьшенной и с направляющим подголовком класса точности В | 7795—70  | <p><i>Исполнение 1</i></p>  | 6—48                    | 1—5                    | 1—3    |
| Класса точности С                                          | 15589—70 | <p><i>Исполнение 1</i></p>  | 10—48                   | Шаг резьбы от 1,5 до 5 |        |
| Уменьшенной класса точности С                              | 15591—70 | <p><i>Исполнение 1</i></p>  | 20—48                   | Шаг резьбы от 2,5 до 5 |        |
| Уменьшенной и с направляющим подголовком класса точности С | 15590—70 | <p><i>Исполнение 1</i></p>  | 20—48                   | Шаг резьбы от 2,5 до 5 |        |



## 30. Основные типы шпилек

| Шпильки                                     | ГОСТ                                                                       | Эскиз                                                                             | Размер $d = d_1$<br>мм | Шаг резьбы, мм |        |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------|--------|
|                                             |                                                                            |                                                                                   |                        | крупный        | мелкий |
| нормальной точности с ввинчиваемыми концами | 22032—76;<br>22034—76;<br>22036—76;<br>22038—76;<br>22040—76;<br>22042—76; |  | 3—<br>48               | 0,5—<br>5      | 1—3    |
| повышенной точности                         | 22033—76;<br>22035—76;<br>22037—76;<br>22039—76;<br>22041—76;<br>22043—76  |  | 3—<br>48               | 0,5—<br>5      | 1—3    |

посредством кернения резьбовых деталей с торца и бокового (рис. 7, е);

расклепыванием стержня резьбовой детали, закрашиванием лаком резьбы под гайку и др.

*Места под ключ и под головки крепежных деталей.* В табл. 32 приведены размеры ключа и под ключ; в табл. 33 — места под ключи. В табл. 34—36 приведены опорные поверхности под крепежные детали с диаметром резьбы от 1 до 48 мм по ГОСТ 12876—67.

*Упрощенный расчет резьбовых соединений.* Рассмотрим основные расчетные случаи.

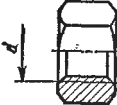
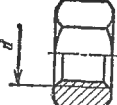
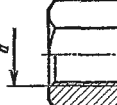
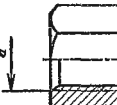
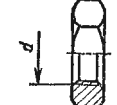
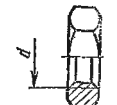
**Первый случай.** Ненапряженное болтовое соединение (рис. 8, а). Гайка свободно навинчена на нарезанную часть хвостовика грузоподъемного крюка и зафиксирована от самоотвинчивания шплинтом.

Условие прочности болта на растяжение

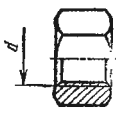
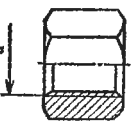
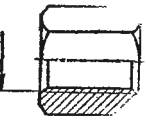
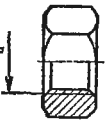
$$\sigma_p = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{4P}{\pi d^2} \leq [\sigma_p],$$

где  $P$  — осевая сила;  $d$  — внутренний диаметр резьбы;  $[\sigma_p]$  — допускаемое напряжение при растяжении.

## 31. Основные типы шестигранных гаек

| Гайки                                                                            | ГОСТ     | Эскиз                                                                                               | Резьба<br>$d$ , мм | Шаг резьбы, мм |            |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------|------------|
|                                                                                  |          |                                                                                                     |                    | круп-<br>ный   | мелкий     |
| Класса<br>точности А                                                             | 5927—70  |                    | 1—48               | 0,25—5         | 1,25—<br>3 |
| С умень-<br>шенным<br>размером<br>под ключ<br>класса<br>точности А               | 2524—70  |                    | 8—48               | 1,25—5         | 1—3        |
| Высокие<br>класса точ-<br>ности А                                                | 15524—70 |                    | 3—48               | 0,5—5          | 1—3        |
| Особо вы-<br>сокие клас-<br>са точности<br>А                                     | 5931—70  |                   | 8—48               | 1,25—5         | 1—3        |
| Низкие<br>класса точ-<br>ности А                                                 | 5929—70  |                  | 1—48               | 0,25—5         | 0,5—3      |
| Низкие с<br>уменьшен-<br>ным разме-<br>ром под<br>ключ клас-<br>са точности<br>А | 2526—70  |                  | 8—48               | 1,25—5         | 1—3        |
| Класса<br>точности В                                                             | 5915—70  | Исполнение I<br> | 1,6—<br>48         | 0,35—          | 1—3        |

продолжение табл. 31

| Гайки                                                                              | ГОСТ     | Эскиз                                                                                               | Резьба<br>$d$ , мм | Шаг резьбы, мм |        |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------|--------|
|                                                                                    |          |                                                                                                     |                    | круп-<br>ный   | мелкий |
| С умень-<br>шенным<br>размером<br>под ключ<br>класса точ-<br>ности В               | 15521—70 |                    | 8—48               | 1,25—5         | 1—3    |
| Высокие<br>класса точ-<br>ности В                                                  | 15523—70 |                    | 3—48               | 0,5—5          | 1—3    |
| Особо вы-<br>сокие клас-<br>са точности<br>В                                       | 15525—70 |                    | 8—48               | 1,25—5         | 1—3    |
| Низкие<br>класса точ-<br>ности В                                                   | 5916—70  | Исполнение 1<br>  | 1—48               | 0,25—5         | 1,25—3 |
| Низкие с<br>уменьшен-<br>ным разме-<br>ром под<br>ключ клас-<br>са точнос-<br>ти В | 15522—70 | Исполнение 1<br> | 8—48               | 1,25—5         | 1—3    |
| Класса<br>точности С                                                               | 15526—70 | Исполнение 1<br> | 5—48               | 0,8—5          |        |

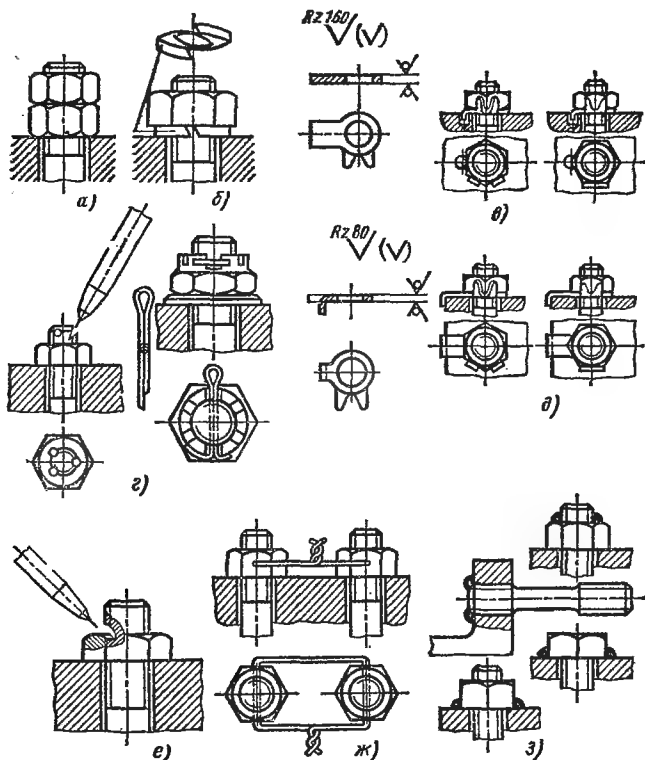


Рис. 7. Схемы стопорения крепежных деталей

Внутренний (расчетный) диаметр болта

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{4P}{\pi[\sigma_p]}}$$

Второй случай. Напряженное болтовое соединение без внешней нагрузки (рис. 8, б). Примером может служить болтовое соединение герметичных крышек, люков и др. Болт в этих соединениях работает не только на растяжение, но и на кручение от приложенной силы к гаечному ключу. Для упрощения кручение учитывают увеличением растягивающей силы  $P$  на 25—35 % и рассчитывают по приведенным в первом случае формулам.

## 32. Размеры (в мм) ключа и под ключ (ГОСТ 6424—73)

## Размеры ключа

Охватывающие

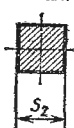
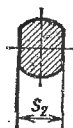
Охватываемые



## Размеры под ключ

Охватываемые

Охватывающие



| Номиналь-<br>ные разме-<br>ры $S$ , $S_1$ ,<br>$S_2$ , $S_3$ | Отклонения размеров<br>ключа          |                         | Отклонения размеров под ключ |                                  |                                       |                         |                              |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|------------------------------|
|                                                              | охватываю-<br>щих $S$                 |                         | охваты-<br>ваемых<br>$S_1$   | охватываемых $S_2$               |                                       |                         | охва-<br>тываю-<br>щих $S_3$ |
|                                                              | нор-<br>маль-<br>ной<br>точ-<br>ности | грубой<br>точ-<br>ности |                              | повы-<br>шенной<br>точ-<br>ности | нор-<br>маль-<br>ной<br>точ-<br>ности | грубой<br>точ-<br>ности |                              |
| 2,5 *;<br>3,0 *                                              | —                                     | —                       | —0,040                       | —                                | —                                     | —                       | +0,09<br>+0,03               |
| 3,2                                                          | +0,08<br>+0,02                        | —                       | —0,048                       | —0,16                            |                                       |                         | +0,12<br>+0,04               |
| 4,0; 5,0;<br>5,5                                             | +0,12<br>+0,02                        |                         |                              |                                  |                                       |                         |                              |
| 6,0 *                                                        | +0,15<br>+0,03                        |                         |                              |                                  |                                       |                         |                              |
| 7,0                                                          |                                       | —0,058                  | —0,20                        | —0,36                            | —                                     | +0,15<br>+0,05          |                              |
| 8,0<br>(9,0)                                                 |                                       |                         |                              |                                  |                                       |                         | +0,18<br>+0,03               |
| 10,0<br>(11,0)                                               | +0,19<br>+0,04                        |                         |                              |                                  |                                       |                         | +0,24<br>+0,04               |

Продолжение табл. 32

| Номиналь-<br>ные разме-<br>ры $S_1, S_1',$<br>$S_2, S_2'$ | Отклонения размеров<br>ключа          |                         |                            | Отклонения размеров под ключ     |                                       |                         |                                  |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
|                                                           | охватываю-<br>щих $S$                 |                         | охваты-<br>ваемых<br>$S_1$ | охватываемых $S_2$               |                                       |                         | охра-<br>тываю-<br>щих<br>$S_2'$ |
|                                                           | нор-<br>маль-<br>ной<br>точ-<br>ности | грубой<br>точ-<br>ности |                            | повы-<br>шенной<br>точ-<br>ности | нор-<br>маль-<br>ной<br>точ-<br>ности | грубой<br>точ-<br>ности |                                  |
| 12; 13                                                    | +0,4<br>+0,04                         | +0,30<br>+0,04          | -0,120                     | -0,24                            | -0,43                                 | —                       | +0,18<br>+0,06                   |
| 14<br>(15)                                                | +0,27<br>+0,05                        | +0,35<br>+0,05          |                            |                                  |                                       |                         |                                  |
| 17                                                        | +0,30<br>+0,05                        | +0,40<br>+0,05          |                            |                                  |                                       |                         |                                  |
| 19; 22; 24                                                | +0,36<br>+0,06                        | +0,46<br>+0,06          | -0,140                     | -0,28                            | -0,52                                 | —                       | +0,21<br>+0,07                   |
| 27; 30                                                    | +0,48<br>+0,08                        | +0,58<br>+0,08          |                            |                                  |                                       | -0,84                   |                                  |
| 3                                                         | +0,48<br>+0,08                        | +0,58<br>+0,08          | -0,170                     | -0,34                            | -1,00                                 | -1,00                   | +0,25<br>+0,05                   |
| 36,0; 41,0<br>46,0                                        | +0,60<br>+0,10                        | +0,70<br>+0,10          |                            |                                  |                                       |                         |                                  |

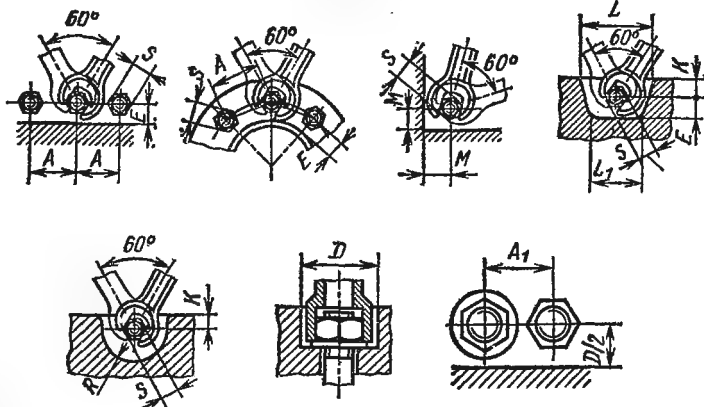
\* Допускается применять только для изделий с углублением под ключ и для ключей под это углубление. ГОСТ 6424—73 предусматривает также номинальные размеры 50—225 мм.

**Третий случай.** Напряженное болтовое соединение с внешней нагрузкой (рис. 8, в). Предварительно затянутый болт дополнительно нагружен внешней осевой растягивающей силой. Примером могут служить болты крепления крышки резервуара для газа или жидкости с давлением выше атмосферного.

Осевая нагрузка на болт

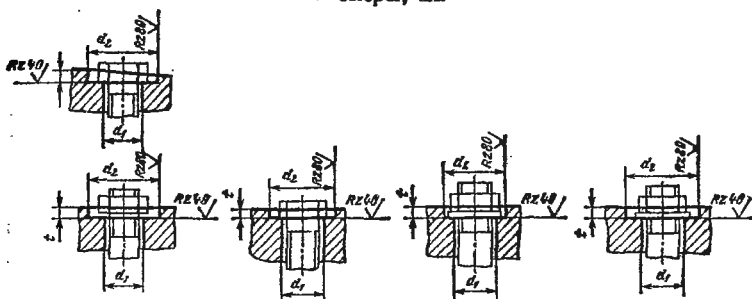
$$P = P_{\text{ват}} + KP_1,$$

## Размеры, мм

[illegible]

34. Опорные поверхности под крепежные детали  
(ГОСТ 12876—67)

Размеры, мм

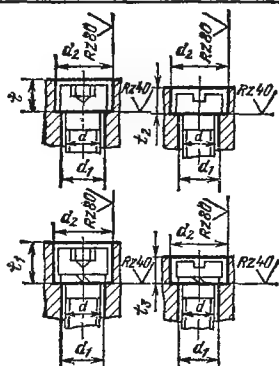


|     | $d_1$ | $d_2$                                                     |                                                                                                        |                       |           |
|-----|-------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------|
|     |       | Под болты с шестигранной головкой, под шестигранные гайки | Под болты с шестигранной уменьшенной головкой, под шестигранные гайки, с уменьшенным размером под ключ | Под уменьшенные шайбы | Под шайбы |
| 1,6 | 1,8   | 5                                                         | —                                                                                                      | —                     | 5         |
| 2   | 2     | 6                                                         | —                                                                                                      | —                     | 6         |
| 2,5 | 3,1   | 7,5                                                       | —                                                                                                      | —                     | 7,5       |
| 3   | 3,6   | 8                                                         | —                                                                                                      | —                     | 8         |
| 4   | 4,8   | 10                                                        | —                                                                                                      | —                     | 10        |
| 5   | 5,8   | 11                                                        | —                                                                                                      | —                     | 11        |
| 6   | 7     | 13,5                                                      | —                                                                                                      | —                     | 13,5      |
| 8   | 9     | 18                                                        | 18                                                                                                     | 18                    | 18        |
| 10  | 11    | 22                                                        | 20                                                                                                     | 20                    | 22        |
| 12  | 14    | 26                                                        | 26                                                                                                     | 24                    | 26        |
| 14  | 16    | 30                                                        | 26                                                                                                     | 26                    | 30        |
| 16  | 18    | 33                                                        | 30                                                                                                     | 30                    | 33        |
| 18  | 20    | 36                                                        | 32                                                                                                     | 32                    | 36        |
| 20  | 22    | 40                                                        | 36                                                                                                     | 36                    | 40        |
| 22  | 24    | 42                                                        | 40                                                                                                     | 40                    | 42        |
| 24  | 26    | 48                                                        | 42                                                                                                     | 42                    | 48        |
| 27  | 30    | 52                                                        | 45                                                                                                     | 48                    | 52        |
| 30  | 33    | 61                                                        | 52                                                                                                     | 55                    | 61        |
| 33  | 36    | 67                                                        | 60                                                                                                     | 60                    | 67        |
| 36  | 39    | 71                                                        | 65                                                                                                     | 65                    | 71        |
| 39  | 42    | 75                                                        | 71                                                                                                     | 71                    | 75        |
| 42  | 45    | 80                                                        | 75                                                                                                     | 75                    | 80        |
| 45  | 48    | 90                                                        | 80                                                                                                     | 85                    | 90        |
| 48  | 52    | 95                                                        | 85                                                                                                     | 90                    | 95        |

Примечание. Размер  $t$  устанавливает конструктор;  
 $d$  — номинальный диаметр резьбы;  $d_1$  — диаметр сквозного отверстия по Н13;  $d_2$  — диаметр опорной поверхности по Н15.



35. Опорные поверхности под винты с цилиндрической головкой и цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ (ГОСТ 12876—67)

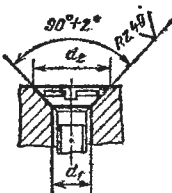
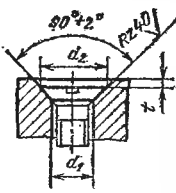


Размеры, мм

| $d$ | $d_1$ по Н13 | $d_2$ по Н14 | $t$  | $t_1$ | $t_2$ | $t_3$ |
|-----|--------------|--------------|------|-------|-------|-------|
| 1   | 1,3          | 2,2          | —    | —     | 0,8   | —     |
| 1,2 | 1,5          | 2,5          | —    | —     | 0,9   | —     |
| 1,4 | 1,7          | 2,8          | —    | —     | 1,0   | —     |
| 1,6 | 2            | 3,3          | —    | —     | 1,2   | —     |
| 2   | 2,6          | 4,3          | —    | —     | 1,6   | 2     |
| 2,5 | 3,1          | 5            | —    | —     | 2     | 2,5   |
| 3   | 3,6          | 6            | 3,4  | 4     | 2,4   | 3     |
| 3,5 | 4,1          | 6,5          | —    | —     | 2,8   | —     |
| 4   | 4,8          | 8            | 4,6  | 5,5   | 3,2   | 4     |
| 5   | 5,8          | 10           | 5,7  | 7     | 4     | 5     |
| 6   | 7            | 11           | 6,8  | 8     | 4,7   | 6     |
| 8   | 9            | 15           | 8    | 11    | 6     | 7,5   |
| 10  | 11           | 18           | 11   | 13    | 7     | 9     |
| 12  | 14           | 20           | 13   | 16    | 8     | 11    |
| 14  | 16           | 24           | 15   | 18    | 9     | 12    |
| 16  | 18           | 26           | 17,5 | 21    | 10,5  | 13    |
| 18  | 20           | 30           | 19,5 | 23    | 11,5  | 15    |
| 20  | 22           | 34           | 21,5 | 26    | 12,5  | 16    |
| 22  | 24           | 36           | 23,5 | 28    | —     | —     |
| 24  | 26           | 40           | 25,5 | 31    | —     | —     |
| 27  | 30           | 45           | 28,5 | 35    | —     | —     |
| 30  | 33           | 48           | 32   | 38    | —     | —     |
| 33  | 36           | 53           | 35   | 41    | —     | —     |
| 36  | 39           | 57           | 38   | 45    | —     | —     |
| 39  | 42           | 60           | 42   | 49    | —     | —     |
| 42  | 45           | 65           | 44   | 53    | —     | —     |
| 45  | 48           | 71           | 47   | 55    | —     | —     |
| 48  | 52           | 75           | 50   | 60    | —     | —     |

Примечание.  $d$  — номинальный диаметр резьбы.

## 36. Опорные поверхности под винты с потайной и полупотайной головками (ГОСТ 12876—67)

| Форма А                                                                           |              |              |              |              |     | Форма В                                                                           |              |              |              |              |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|
|  |              |              |              |              |     |  |              |              |              |              |     |
| $d$                                                                               | $d_1$ по Н13 | $d_2$ по Н13 | $d_1$ по Н12 | $d_2$ по Н12 | $t$ | $d$                                                                               | $d_1$ по Н13 | $d_2$ по Н13 | $d_1$ по Н12 | $d_2$ по Н12 | $t$ |
| 1                                                                                 | 1,3          | 2,4          | 1,1          | 2            | 0,2 | 5                                                                                 | 5,8          | 10,4         | 5,3          | 10           | 0,3 |
| 1,2                                                                               | 1,5          | 2,8          | 1,3          | 2,5          | 0,2 | 6                                                                                 | 7            | 12,4         | 6,4          | 11,5         | 0,4 |
| 1,4                                                                               | 1,7          | 3,2          | 1,6          | 2,8          | 0,2 | 8                                                                                 | 9            | 16,4         | 8,4          | 15           | 0,8 |
| 1,6                                                                               | 2            | 3,7          | 1,7          | 3,3          | 0,2 | 10                                                                                | 11           | 20,4         | 10,5         | 19           | 1   |
| 2                                                                                 | 2,6          | 4,6          | 2,2          | 4,3          | 0,2 | 12                                                                                | 14           | 24,4         | 13           | 22,5         | 1   |
| 2,5                                                                               | 3,1          | 5,7          | 2,7          | 5            | 0,3 | 14                                                                                | 16           | 28,4         | 15           | 26           | 1   |
| 3                                                                                 | 3,6          | 6,6          | 3,2          | 6            | 0,3 | 16                                                                                | 18           | 32,4         | 17           | 30           | 1,2 |
| 3,5                                                                               | 4,1          | 7,6          | 3,8          | 7            | 0,3 | 18                                                                                | 20           | 36,4         | 19           | 34           | 1,2 |
| 4                                                                                 | 4,8          | 8,6          | 4,3          | 8            | 0,3 | 20                                                                                | 22           | 40,4         | 21           | 37           | 1,5 |
| Примечание. $d$ — номинальный диаметр резьбы.                                     |              |              |              |              |     |                                                                                   |              |              |              |              |     |

где  $P_{\text{ват}}$  — сила затяжки болта;  $K$  — коэффициент внешней нагрузки, учитывающий деформации болта и деталей соединения;  $P_1$  — часть внешней нагрузки (в данном случае внутреннего давления), приходящейся на один болт.

Часть внешней нагрузки на болт от давления, например газа,

$$P_1 = \frac{\pi D^2}{4} p \frac{1}{i},$$

где  $p$  — давление газа;  $D$  — диаметр крышки;  $i$  — число болтов.

Поскольку болт испытывает напряжение кручения, то с учетом этого напряжения расчетная нагрузка

$$P_{\text{расч}} \approx 1,3P.$$

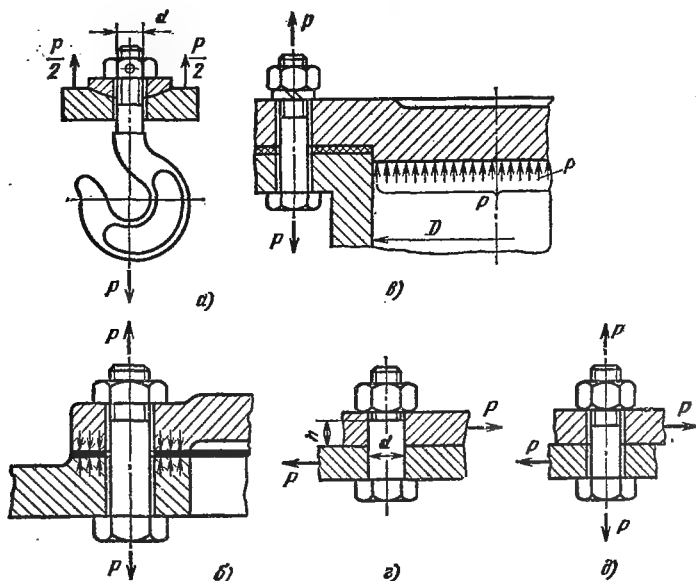


Рис. 8. Болтовое соединение:

*a* — ненапряженное; *б* — напряженное без внешней нагрузки; *в* — напряженное с внешней нагрузкой; *г* — напряженное с болтом, поставленным без зазора; *д* — напряженное с болтом, поставленным с зазором

Условие прочности болта

$$\sigma_p = \frac{P_{\text{расч}}}{\frac{\pi d^2}{4}} \leq [\sigma_p].$$

Внутренний (расчетный) диаметр болта

$$d = \sqrt{\frac{4P_{\text{расч}}}{\pi [\sigma_p]}}.$$

Четвертый случай. Напряженное болтовое соединение с болтом, поставленным без зазора (рис. 8, г). Болт работает на срез и смятие.

На срез болт рассчитывают по формуле

$$\frac{\pi d^2}{4} [\tau_{\text{ср}}] \geq R,$$

где  $P$  — сила, действующая поперек болта:  $[\tau_{ср}] = (0,2 \div 0,3) \sigma_T$  — допускаемое напряжение на срез;  $\sigma_T$  — предел текучести.

Внутренний диаметр резьбы

$$d = \sqrt{\frac{4R}{\pi[\tau_{ср}]}}$$

На смятие болт рассчитывают по формуле

$$dh [\sigma_{см}] > R,$$

откуда

$$h \geq \frac{R}{d[\sigma_{см}]},$$

где  $h$  — высота смятия участка;  $[\sigma_{см}]$  — допускаемое напряжение на смятие.

**Пятый случай.** Напряженное болтовое соединение с болтом, поставленным с зазором (рис. 8, д). В этом случае затяжкой болта обеспечивается достаточная сила трения между стянутыми деталями для предупреждения их сдвига и перекоса болта.

Болт рассчитывают по силе затяжки

$$P = \frac{R}{f} = \frac{\pi d}{4} [\sigma_p],$$

где  $f$  — коэффициент трения.

#### ШТИФТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Штифты применяют для точного взаимного фиксирования деталей (рис. 9), а также для скрепления деталей машин, передающих небольшие нагрузки. Штифты делят на *установочные* и *крепежные*.

По форме различают *конические* и *цилиндрические* штифты. Конические штифты изготовляют с конусностью 1 : 50, обеспечивающей самоторможение. По конструкции рабочей части штифты выполняют *гладкими* и *просечными*, т. е. с насеченными или выдавленными канавками, что не требует развертывания отверстия (как для гладких штифтов) и создает надежное соединение, предохраняющее штифт от выпадания в процессе работы.

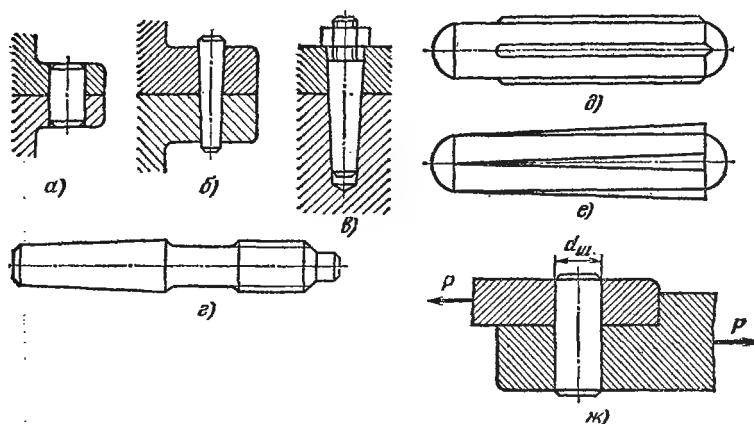


Рис. 9. Штифты и штифтовые соединения

ГОСТ 3128—70 распространяется на незакаленные гладкие цилиндрические штифты диаметром 0,6—50 мм (табл. 37), а ГОСТ 24296—80 — на закаленные гладкие цилиндрические штифты диаметром 0,6—20 мм (рис. 9, а).

По ГОСТ 12850—80 насеченные цилиндрические штифты изготовляют диаметром 1—16 мм (рис. 9, д), а по ГОСТ 10733—79 — насеченные цилиндрические штифты с коническими насечками диаметром 1,6—16 мм (рис. 9, е).

Гладкие конические штифты выпускают по ГОСТ 3129—70 (рис. 9, б). Для удобства демонтажа конические штифты выполняют с резьбовой цапфой по ГОСТ 9465—79 (рис. 9, в, г); для лучшей фиксации конические штифты выполняют разводными (ГОСТ 19119—80).

Диаметр установочного штифта принимают конструктивно. Диаметр крепежного штифта (рис. 9, ж) определяют из расчета на срез. Уравнение прочности штифта на срез

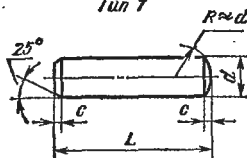
$$\tau_{ср} = \frac{P}{\pi d_{ш}/4} \leq [\tau_{ср}],$$

где  $\tau_{ср}$  — напряжение на срез;  $[\tau_{ср}]$  — допускаемое напряжение на срез;  $d_{ш}$  — диаметр штифта;  $P$  — сила, действующая на штифт.

## 37. Цилиндрические штифты (ГОСТ 3128—70)

Размеры, мм

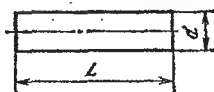
Тип 1



Тип 2



Тип 3



| d   | c   | L  |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 2   | 0,3 | 4  | 5  | 6  | 8  | 10 | 12 | 14 | 16 | 20 | 25  |
| 2,5 | 0,5 | 5  | 6  | 8  | 10 | 12 | 14 | 16 | 20 | 25 | 30  |
| 3   | 0,5 | 6  | 8  | 10 | 12 | 14 | 16 | 20 | 25 | 30 | 36  |
| 4   | 0,6 | 8  | 10 | 12 | 14 | 16 | 20 | 25 | 30 | 36 | 40  |
| 6   | 1,0 | 12 | 14 | 16 | 20 | 25 | 30 | 36 | 40 | 45 | 50  |
| 8   | 1,2 | 16 | 20 | 25 | 30 | 36 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60  |
| 10  | 1,6 | 20 | 25 | 30 | 36 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65  |
| 12  | 1,6 | 25 | 30 | 36 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70  |
| 16  | 2   | 30 | 36 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 80  |
| 20  | 2,5 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 80 | 90 | 100 |

L

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2   | 0,3 | 30  | 36  | 40  |     |     |     |     |     |     |     |
| 2,5 | 0,5 | 36  | 40  | 45  | 50  |     |     |     |     |     |     |
| 3   | 0,5 | 45  | 50  | 55  | 60  |     |     |     |     |     |     |
| 4   | 0,6 | 50  | 55  | 60  | 65  | 70  | 80  | 90  | 100 |     |     |
| 6   | 1,0 | 60  | 65  | 70  | 80  | 90  | 100 | 110 | 120 |     |     |
| 8   | 1,2 | 70  | 80  | 90  | 100 | 110 | 120 | 140 | 160 |     |     |
| 10  | 1,6 | 80  | 90  | 100 | 110 | 120 | 140 | 160 |     |     |     |
| 12  | 1,6 | 90  | 100 | 110 | 120 | 140 | 160 |     |     |     |     |
| 16  | 2   | 100 | 110 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 250 | 280 |
| 20  | 2,5 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 250 | 280 |     |     |

Требуемый диаметр штифта

$$d_{\text{ш}} = 1,13 \sqrt{\frac{P}{[\tau_{\text{ср}}]}}$$

### ШПОНОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Шпонки служат для передачи вращающего (крутящего) момента от вала к ступице детали (шкива, зубчатого колеса и др.) или, наоборот, от ступицы к валу. Применяют призматические, сегментные, клиновые и тангенциальные шпонки.

**Призматические шпонки:**

*обыкновенные и высокие*, предназначенные для неподвижных соединений ступиц с валами; в табл. 38 и 39 приведены соответственно размеры призматических шпонок и размеры сечений призматических шпонок и пазов (ГОСТ 23360—78);

*направляющие с креплением на валу* (ГОСТ 8790—79), применяемые в случае, когда ступицы должны иметь возможность перемещения вдоль валов (рис. 10, а);

*скользящие сборные* (ГОСТ 12208—66), соединяющиеся со ступицей выступом (пальцем) цилиндрической формы и перемещающиеся вдоль вала вместе со ступицей (рис. 10, б).

Сегментные шпонки (рис. 10, в) выполняют по ГОСТ 24071—80 в виде сегмента, что делает их

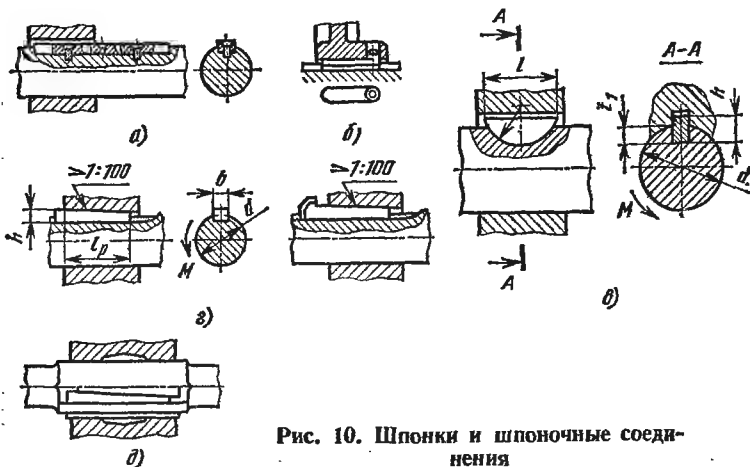
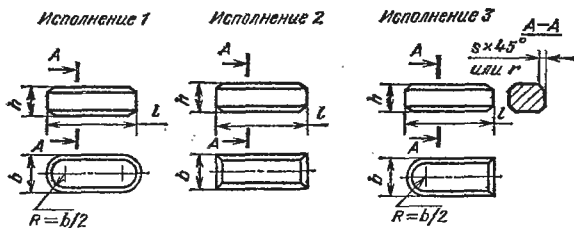


Рис. 10. Шпонки и шпоночные соединения

### 38. Размеры (в мм) призматических шпонок (ГОСТ 23360—78)

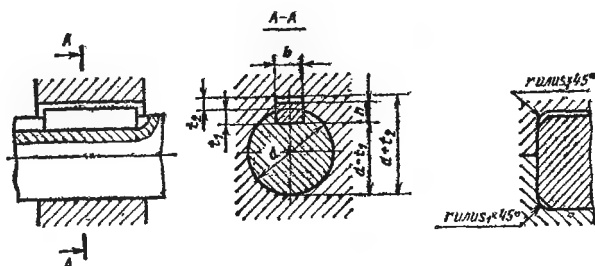


| Ширина $b$ | Высота $h$ | Фаска $s \times 45^\circ$ или $r$ |          | Интервалы длин $l$ |     | Ширина $b$ | Высота $h$ | Фаска $s \times 45^\circ$ или $r$ |          | Интервалы длин $l$ |     |
|------------|------------|-----------------------------------|----------|--------------------|-----|------------|------------|-----------------------------------|----------|--------------------|-----|
|            |            | не менее                          | не более | от                 | до  |            |            | не менее                          | не более | от                 | до  |
| 2          | 2          | 0,16                              | 0,25     | 6                  | 20  | 20         | 12         | 0,60                              | 0,80     | 56                 | 220 |
| 3          | 3          |                                   |          | 6                  | 36  | 22         | 14         |                                   |          | 63                 | 250 |
| 4          | 4          |                                   |          | 8                  | 45  | 25         | 14         |                                   |          | 70                 | 280 |
|            |            |                                   |          |                    |     | 28         | 16         |                                   |          | 80                 | 320 |
|            |            |                                   |          |                    |     | 32         | 18         |                                   |          | 90                 | 360 |
| 5          | 5          | 0,25                              | 0,40     | 10                 | 56  | 36         | 20         | 1,00                              | 1,20     | 100                | 400 |
| 6          | 6          |                                   |          | 14                 | 70  | 40         | 22         |                                   |          | 100                | 400 |
| 8          | 7          |                                   |          | 18                 | 90  | 45         | 25         |                                   |          | 110                | 450 |
|            |            |                                   |          |                    |     | 50         | 28         |                                   |          | 125                | 500 |
| 10         | 8          | 0,40                              | 0,60     | 22                 | 110 | 56         | 32         | 1,60                              | 2,00     | 140                | 500 |
| 12         | 8          |                                   |          | 28                 | 140 | 63         | 32         |                                   |          | 160                | 500 |
| 14         | 9          |                                   |          | 36                 | 160 | 70         | 36         |                                   |          | 180                | 500 |
| 16         | 10         |                                   |          | 45                 | 180 | 80         | 40         | 2,50                              | 3,00     | 200                | 500 |
| 18         | 11         |                                   |          | 50                 | 200 | 90         | 45         |                                   |          | 220                | 500 |
|            |            |                                   |          |                    |     | 100        | 50         |                                   |          | 250                | 500 |

Примечание. Длины шпонок необходимо выбирать из ряда: 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 220; 250; 280; 320; 360; 400; 450; 500 мм.



### 39. Размеры (в мм) сечений призматических шпонок и пазов (ГОСТ 23360—78)



| Диаметр вала $d$ | Размеры сечений шпонок |     | Глубина паза |        | Радиус закругления пазов $r$ или фаска $s_1 \times 45^\circ$ |       |
|------------------|------------------------|-----|--------------|--------|--------------------------------------------------------------|-------|
|                  |                        |     | вала         | втулки |                                                              |       |
|                  | $b$                    | $h$ | $t_1$        | $t_2$  | наим.                                                        | наиб. |
| От 6 до 8        | 2                      | 2   | 1,2          | 1,0    | 0,08                                                         | 0,16  |
| Св. 8 до 10      | 3                      | 3   | 1,8          | 1,4    |                                                              |       |
| » 10 » 12        | 4                      | 4   | 2,5          | 1,8    |                                                              |       |
| Св. 12 до 17     | 5                      | 5   | 3            | 2,3    | 0,16                                                         | 0,25  |
| » 17 » 22        | 6                      | 6   | 3,5          | 2,8    |                                                              |       |
| » 22 » 30        | 8                      | 7   | 4            | 3,3    |                                                              |       |
| Св. 30 до 38     | 10                     | 8   | 5            | 3,3    | 0,25                                                         | 0,4   |
| » 38 » 44        | 12                     | 8   | 5            | 3,3    |                                                              |       |
| » 44 » 50        | 14                     | 9   | 5,5          | 3,8    |                                                              |       |
| » 50 » 58        | 16                     | 10  | 6            | 4,3    |                                                              |       |
| » 58 » 65        | 18                     | 11  | 7            | 4,4    |                                                              |       |
| Св. 65 до 75     | 20                     | 12  | 7,5          | 4,9    | 0,4                                                          | 0,6   |
| » 75 » 85        | 22                     | 14  | 9            | 5,4    |                                                              |       |
| » 85 » 95        | 25                     | 14  | 9            | 5,4    |                                                              |       |
| Св. 95 до 110    | 28                     | 16  | 10           | 6,4    | 0,4                                                          | 0,6   |
| » 110 » 130      | 32                     | 18  | 11           | 7,4    |                                                              |       |

**Примечание.** В стандарте даны размеры сечений шпонок и пазов для диаметров вала до 500 мм и шпонок сечением  $b \times h$  до 100×50 мм.

наиболее технологичными вследствие простоты фрезерования шпоночного паза, а также удобства сборки соединений. Однако относительно большая глубина шпоночного паза уменьшает прочность вала, что вызывает необходимость применять эти шпонки для передачи небольших моментов.

Клиновые шпонки (рис. 10, а) представляют собой самотормозящий клин с уклоном 1 : 100; их выполняют по ГОСТ 24068—80. В отличие от призматических и сегментных клиновые шпонки создают напряженное соединение.

Тангенциальные шпонки (рис. 10, б) отличаются от клиновых тем, что натяг между валом и ступицей создается ими не в радиальном, а в касательном (тангенциальном) направлении; их выполняют по ГОСТ 24069—80.

Подбор и проверка прочности шпонок. При проектировании шпоночного соединения ширину и высоту шпонок принимают по соответствующему стандарту в зависимости от диаметра вала. Длину шпонки берут в зависимости от длины ступицы и согласуют со стандартом на шпонки. Затем проводят поверочный расчет.

Шпоночные соединения проверяют на смятие, поскольку напряжение среза для стандартных шпонок менее опасно.

Для призматической шпонки (см. табл. 38 и 39)

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2M}{dF_{\text{см}}} = \frac{2M}{d(h-t_1)l_p} \leq [\sigma_{\text{см}}],$$

где  $M$  — передаваемый вращающий момент;  $d$  — диаметр вала в месте установки шпонки;  $F_{\text{см}} = (h - t_1) l_p$  — площадь смятия;  $l_p$  — рабочая длина шпонки; для шпонки с плоскими торцами  $l_p = l$ ; при скругленных торцах  $l_p = l - b$ ;  $l$  — длина шпонки;  $b$  — ширина шпонки;  $t_1$  — глубина паза вала;  $h$  — высота шпонки;  $\sigma_{\text{см}}$ ,  $[\sigma_{\text{см}}]$  — расчетное и допускаемое напряжения смятия.

Для сегментной шпонки (см. рис. 10, в)

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2M}{dl(h-t_1)} \leq [\sigma_{\text{см}}].$$

Для клиновой шпонки (рис. 10, з)

$$\sigma_{см} = \frac{12M}{bl_p[b + 6fd]} \leq [\sigma_{см}],$$

где  $f$  — коэффициент трения между шпонкой и насаживаемой деталью.

### ШЛИЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Шлицевые соединения представляют собой многошпоночные соединения, у которых шпонки, называемые шлицами или зубьями, выполнены за одно целое с валом.

В зависимости от формы зубьев различают соединения:

*прямобочные* (рис. 11, а, б, в);

*эвольвентные* (рис. 11, г);

*треугольные* (рис. 11, д).

В табл. 40 даны размеры шлицевых прямобочных соединений (ГОСТ 1139—80).

Шлицевые соединения обеспечивают хорошее центрирование деталей на валу, а также передают большие мощности по сравнению со шпоночными соединениями. Шлицевые соединения выполняют подвижными и неподвижными.

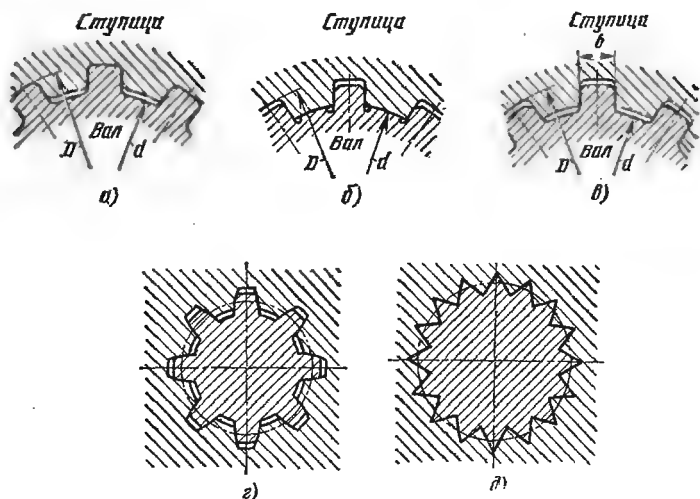
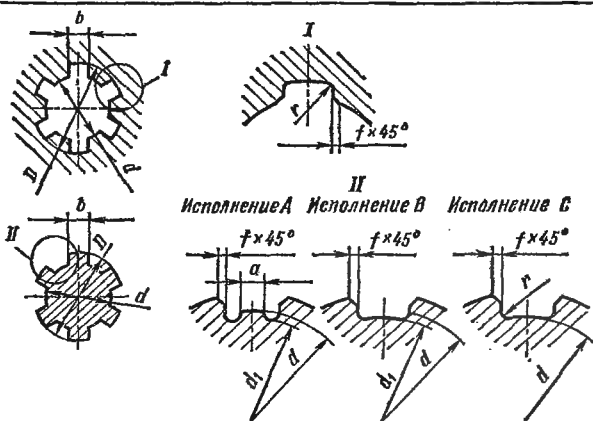


Рис. 11. Шлицевые соединения:

а — прямобочные с центрированием по наружному диаметру  $D$ ; б — прямобочные с центрированием по внутреннему диаметру  $d$ ; в — прямобочные с центрированием по боковым сторонам зубьев; г — эвольвентные; д — треугольные

# 40. Размеры (в мм) шлицевых прямобочных соединений (ГОСТ 1139—80)



Исполнение А Исполнение В Исполнение С

Номинальный  
размер  
 $z \times d \times D$

$b$

$d_1$ , не ме-  
нее

$a$ , не менее

$f$

$r$ , не более

## Легкая серия

|            |    |       |       |         |     |
|------------|----|-------|-------|---------|-----|
| 6×23×26    | 6  | 22,1  | 3,54  | 0,3+0,2 | 0,2 |
| 6×26×30    | 6  | 24,6  | 3,85  | 0,3+0,2 | 0,2 |
| 6×28×32    | 7  | 26,7  | 4,03  | 0,3+0,2 | 0,2 |
| 8×32×36    | 6  | 30,4  | 2,71  | 0,4+0,2 | 0,3 |
| 8×36×40    | 7  | 34,5  | 3,46  | 0,4+0,2 | 0,3 |
| 8×42×46    | 8  | 40,4  | 5,03  | 0,4+0,2 | 0,3 |
| 8×46×50    | 9  | 44,6  | 5,75  | 0,4+0,2 | 0,3 |
| 8×52×58    | 10 | 49,7  | 4,89  | 0,5+0,3 | 0,5 |
| 8×56×62    | 10 | 53,6  | 6,38  | 0,5+0,3 | 0,5 |
| 8×62×62    | 12 | 59,8  | 7,31  | 0,5+0,3 | 0,5 |
| 10×72×78   | 12 | 69,6  | 5,45  | 0,5+0,3 | 0,5 |
| 10×82×88   | 12 | 79,3  | 8,62  | 0,5+0,3 | 0,5 |
| 10×92×98   | 14 | 89,14 | 10,08 | 0,5+0,3 | 0,5 |
| 10×102×108 | 16 | 99,9  | 11,49 | 0,5+0,3 | 0,5 |
| 10×112×120 | 18 | 108,8 | 10,72 | 0,5+0,3 | 0,5 |

## Средняя серия

|         |     |       |      |         |     |
|---------|-----|-------|------|---------|-----|
| 6×11×14 | 3   | 9,9   | —    | 0,3+0,2 | 0,2 |
| 6×13×16 | 3,5 | 12,0  | —    | 0,3+0,2 | 0,2 |
| 6×16×20 | 4   | 14,54 | —    | 0,3+0,2 | 0,2 |
| 6×18×22 | 5   | 16,7  | —    | 0,3+0,2 | 0,2 |
| 6×21×25 | 5   | 19,5  | 1,95 | 0,3+0,2 | 0,2 |
| 6×23×28 | 6   | 21,3  | 1,34 | 0,3+0,2 | 0,2 |
| 6×26×32 | 6   | 23,4  | 1,65 | 0,4+0,2 | 0,3 |
| 6×28×34 | 7   | 25,9  | 1,70 | 0,4+0,3 | 0,3 |

| Номинальный<br>размер<br>$z \times d \times D$ | $b$ | $d_1$ , не ме-<br>нее | $\alpha$ , не менее | $f$                 | $r$ , не более |
|------------------------------------------------|-----|-----------------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 8×32×38                                        | 6   | 29,4                  | —                   | 0,4 <sup>+0,2</sup> | 0,3            |
| 8×36×42                                        | 7   | 33,5                  | 1,02                | 0,4 <sup>+0,2</sup> | 0,3            |
| 8×42×48                                        | 8   | 39,5                  | 2,57                | 0,4 <sup>+0,2</sup> | 0,3            |
| 8×46×54                                        | 9   | 42,7                  | —                   | 0,5 <sup>+0,3</sup> | 0,5            |
| 8×52×60                                        | 10  | 48,7                  | 2,44                | 0,5 <sup>+0,3</sup> | 0,5            |
| 8×56×65                                        | 10  | 52,2                  | 2,5                 | 0,5 <sup>+0,3</sup> | 0,5            |
| 8×62×72                                        | 12  | 57,8                  | 2,4                 | 0,5 <sup>+0,3</sup> | 0,5            |
| 10×72×82                                       | 12  | 67,4                  | —                   | 0,5 <sup>+0,3</sup> | 0,5            |
| 10×82×92                                       | 12  | 77,1                  | 3,0                 | 0,5 <sup>+0,3</sup> | 0,5            |
| 10×92×102                                      | 14  | 87,3                  | 4,5                 | 0,5 <sup>+0,3</sup> | 0,5            |
| 10×102×112                                     | 16  | 97,7                  | 6,3                 | 0,5 <sup>+0,3</sup> | 0,5            |
| 10×112×125                                     | 18  | 106,3                 | 4,4                 | 0,5 <sup>+0,3</sup> | 0,5            |
| Тяжелая серия                                  |     |                       |                     |                     |                |
| 10×16×20                                       | 2,5 | 14,1                  | —                   | 0,3 <sup>+0,2</sup> | 0,2            |
| 10×18×23                                       | 3   | 15,6                  | —                   | 0,3 <sup>+0,2</sup> | 0,2            |
| 10×21×26                                       | 3   | 18,5                  | —                   | 0,3 <sup>+0,2</sup> | 0,2            |
| 10×23×29                                       | 4   | 20,3                  | —                   | 0,3 <sup>+0,2</sup> | 0,2            |
| 10×26×32                                       | 4   | 23,0                  | —                   | 0,4 <sup>+0,2</sup> | 0,3            |
| 10×28×35                                       | 4   | 24,4                  | —                   | 0,4 <sup>+0,2</sup> | 0,3            |
| 10×32×40                                       | 5   | 28,0                  | —                   | 0,4 <sup>+0,2</sup> | 0,3            |
| 10×36×45                                       | 5   | 31,3                  | —                   | 0,4 <sup>+0,2</sup> | 0,3            |
| 10×42×52                                       | 6   | 36,9                  | —                   | 0,4 <sup>+0,2</sup> | 0,3            |
| 10×46×56                                       | 7   | 40,9                  | —                   | 0,5 <sup>+0,3</sup> | 0,5            |
| 16×52×60                                       | 5   | 47,0                  | —                   | 0,5 <sup>+0,3</sup> | 0,5            |
| 16×56×65                                       | 5   | 50,6                  | —                   | 0,5 <sup>+0,3</sup> | 0,5            |
| 16×62×72                                       | 6   | 56,1                  | —                   | 0,5 <sup>+0,3</sup> | 0,5            |
| 16×72×82                                       | 7   | 65,9                  | —                   | 0,5 <sup>+0,3</sup> | 0,5            |
| 20×82×92                                       | 6   | 75,6                  | —                   | 0,5 <sup>+0,3</sup> | 0,5            |
| 20×92×102                                      | 7   | 85,5                  | —                   | 0,5 <sup>+0,3</sup> | 0,5            |
| 20×102×115                                     | 8   | 94,0                  | —                   | 0,5 <sup>+0,3</sup> | 0,5            |
| 20×112×125                                     | 9   | 104                   | —                   | 0,5 <sup>+0,3</sup> | 0,5            |
| Примечание. $z$ — число зубьев.                |     |                       |                     |                     |                |

Число и размеры зубьев по их поперечному сечению принимают в зависимости от диаметра вала по соответствующему стандарту. Длина зубьев определяется длиной ступицы; в случае, если ступица подвижная, — величиной ее перемещения. Проверочный расчет выполняют на смятие, которое для шлицевых соединений имеет решающее значение:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2M}{\psi z d_c h l} \leq [\sigma_{\text{см}}],$$

где  $\sigma_{см}$  — расчетное напряжение смятия на рабочих поверхностях зубьев;  $M$  — передаваемый крутящий момент;  $\psi = 0,7 \div 0,8$  — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между зубьями;  $h$  — высота поверхности контакта зубьев;  $l$  — длина поверхности контакта зубьев, принимаемая равной длине ступицы;  $[\sigma_{см}]$  — допускаемое напряжение на смятие для рабочих поверхностей зубьев;  $d_c$  — средний диаметр зубчатого соединения.

Для прямобочных зубьев

$$d_c = \frac{D+d}{2}, \quad h = \frac{D-d}{2} - 2f;$$

для зубьев эвольвентного профиля с центрированием по боковым поверхностям

$$d_c = d = mz, \quad h = m = \frac{d}{z},$$

где  $d$  — диаметр делительной окружности;  $m$  — модуль зацепления;

для зубьев эвольвентного профиля с центрированием по наружному диаметру

$$d_c = d = mz, \quad h = 0,9m = 0,9 \frac{d}{z};$$

для зубьев треугольного профиля

$$d_c = d = mz, \quad h = \frac{D-d}{2}.$$

## МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

*Передачей* называется устройство, предназначенное для передачи энергии от двигателя к исполнительному механизму. Различают механические, пневматические, гидравлические и электрические передачи. Из механических передач наиболее распространенными являются передачи вращательного движения. По принципу действия они делятся на *передачи трением* и *передачи зацеплением*. К первым относятся ременные и фрикционные передачи; ко вторым — зубчато-ременные, цепные и червячные.

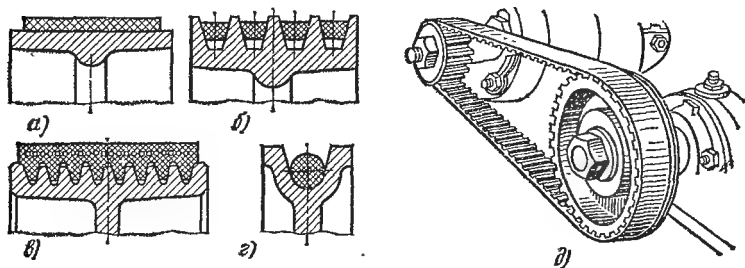


Рис. 12. Типы ременных передач

## РЕМЕННЫЕ ПЕРЕДАЧИ

*Ременной* называется передача, осуществляемая гибкой связью (приводным ремнем). Достоинством ременных передач являются: возможность осуществления передачи между валами, расположенными на относительно большом расстоянии; плавность и безударность работы передачи; простота устройства и обслуживания. К недостаткам передач относятся: громоздкость; непостоянство передаточного отношения (за исключением зубчато-ременных) из-за проскальзывания ремня; повышенное давление на валы и подшипники.

По форме поперечного сечения ремня различают передачи: плоскоременные (рис. 12, а); клиноременные (рис. 12, б); поликлиноременные (рис. 12, в); круглоременные (рис. 12, г); зубчато-ременные (рис. 12, д).

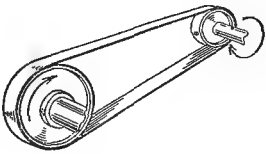
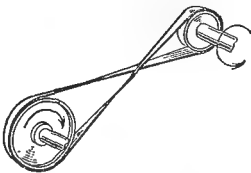
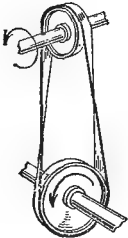
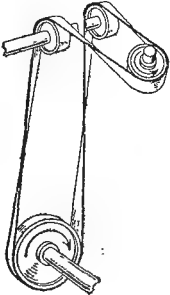
**Плоскоременные передачи.** Плоские ремни в поперечном сечении представляют собой прямоугольник, ширина которого значительно превосходит толщину. Используют кожаные, прорезиненные, хлопчатобумажные тканые, шерстяные тканые, пленочные ремни и др.

Ремни для быстроходных передач изготавливают бесконечными (замкнутыми). Концы обычных ремней соединяют сшиванием, склеиванием, скреплением специальными скрепками.

В табл. 41 приведены конструктивные разновидности плоскоременных передач, в табл. 42 — рекомендации для выбора приводных ремней в зависимости от условий работы.

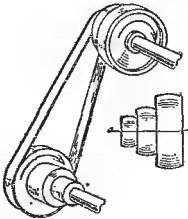
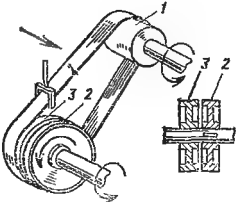
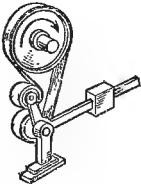
В табл. 43 приведены размеры и физико-механические показатели плоских хлопчатобумажных цельнотканых пропитанных ремней (ТУ РСФСР 1766-11415—87).

## 41. Конструктивные разновидности плоскоремennых передач

| Виды передач     | Схема                                                                               | Особенности передачи                                                                                     |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Открытые         |    | <p>С параллельными валами, вращающимися:</p> <p>в одну сторону</p> <p>в противоположные стороны</p>      |
| Перекрестные     |    |                                                                                                          |
| Полуперекрестные |   | <p>С валами, вращающимися в одинаковом направлении:</p> <p>перекрещивающимися</p> <p>пересекающимися</p> |
| Угловые          |  |                                                                                                          |



Продолжение табл. 41

| Виды передач            | Схема                                                                               | Особенности передачи                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Со ступенчатыми шкивами |    | Позволяет изменять частоту вращения ведомого вала при постоянной частоте вращения ведущего вала                                                                                                                                                          |
| С холостым шкивом       |    | Содержит на ведомом валу два шкива. Шкив 2 посажен на шпонку, шкив 3 свободно вращается на валу (холостой шкив). На ведущем валу посажен широкий шкив 1, позволяющий перемещать ремень с рабочего шкива 2 на холостой шкив 3 для остановки ведомого вала |
| С натяжным роликом      |  | Обеспечивает автоматическое натяжение ремня по мере его вытягивания                                                                                                                                                                                      |

#### 42. Рекомендации для выбора приводного ремня в зависимости от условий работы

| Условия работы        | Виды приводных ремней |                |                  |                |
|-----------------------|-----------------------|----------------|------------------|----------------|
|                       | Прорезиненные         | Кожаные        | Хлопчатобумажные | Шерстяные      |
| Передаваемая мощность | Высокая               | Малая, средняя | Малая, средняя   | Малая, средняя |

Продолжение табл. 42

| Условия работы                                                                 | Виды приводных ремней                    |                                                                              |                                |                    |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------|
|                                                                                | Прорезиненные                            | Кожаные                                                                      | Хлопчатобумажные               | Шерстяные          |
| Удельная тяговая способность                                                   | Высокая                                  | Высокая                                                                      | Средняя                        | Низкая             |
| Наибольшая скорость ремней, м/с                                                | 15—30                                    | 40                                                                           | 30                             | 20                 |
| Резкие изменения рабочей нагрузки                                              | Не рекомендуются                         | Весьма пригодны                                                              | Допустимы                      | Весьма пригодны    |
| Допускаемые кратковременные перегрузки                                         | На 20—30 %                               | На 40—50 %                                                                   | На 30—40 %                     | На 40—50 %         |
| Сохраняют начальное натяжение                                                  | Хорошо                                   | Удовлетворительно                                                            | Недостаточно удовлетворительно | Удовлетворительно  |
| Перекрестные передачи, отводки, шкивы ступенчатые или с закраинами (ребордами) | Пригодны ремни без обкладок              | Весьма пригодны ремни растительного дубления                                 | Не пригодны                    | Не пригодны        |
| Допускаемая повышенная температура                                             | Колебания до 60 °С (ремни без обкладок)  | До 50 °С (ремни растительного и хроморастительного дубления)                 | Устойчивая до 50 °С            | Колебания до 60 °С |
| Повышенная влажность                                                           | Пригодны ремни с двухсторонней обкладкой | Пригодны ремни хорошо прожированные, склеенные специальным водостойким клеем | Не пригодны                    | Пригодны           |

Продолжение табл. 42

| Условия работы   | Виды приводных ремней                   |                                         |                  |             |
|------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|------------------|-------------|
|                  | Прорезиненные                           | Кожаные                                 | Хлопчатобумажные | Шерстяные   |
| Водяной пар      | Пригодны ремни с обкладками             | Пригодны ремни хромо-многового дубления | Не пригодны      | Пригодны    |
| Едкие пары, газы | Пригодны ремни с двусторонней обкладкой | Не пригодны                             | Не пригодны      | Пригодны    |
| Кислоты          | Пригодны ремни с обкладками             | Пригодны ремни хромо-многового дубления | Не пригодны      | Пригодны    |
| Щелочи           | Не пригодны                             |                                         | Пригодны         | Не пригодны |
| Бензин           | Не пригодны                             | Пригодны ремни хромо-многового дубления | Допустимы        | Пригодны    |
| Пыль             | Пригодны ремни без обкладок             |                                         | Не рекомендуются | Пригодны    |

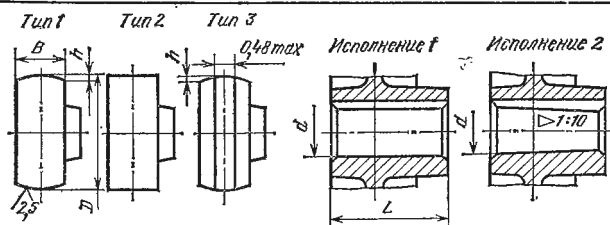
**43. Размеры (в мм) и физико-механические показатели плоских хлопчатобумажных цельнотканых пропитанных ремней (ТУ РСФСР 1766-11415—87)**

| Ширина               | Толщина<br>(отклонение<br>± 5) | Разрывная нагрузка по<br>основе, Н не менее |                   | Удлинение в<br>момент разрыва,<br>%, не более |
|----------------------|--------------------------------|---------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------|
|                      |                                | полоски раз-<br>мером<br>50 × 200           | по всей<br>ширине |                                               |
| Ремни четырехслойные |                                |                                             |                   |                                               |
| 30 ± 2,0             | 4,5                            | —                                           | 5 356             | 20                                            |
| 40 ± 2,0             |                                | —                                           | 7 151             |                                               |
| 50 ± 2,0             |                                | —                                           | 8 936             |                                               |
| 60 ± 3,0             |                                | 8 936                                       | 10 722            |                                               |
| 75 ± 3,0             |                                | 8 936                                       | 13 390            |                                               |
| 90 ± 3,0             |                                | 8 936                                       | 15 352            |                                               |
| 100 ± 3,0            |                                | 8 936                                       | 17 873            |                                               |

Продолжение табл. 43

| Ширина              | Толщина<br>(отклонение<br>± 5) | Разрывная нагрузка по<br>основе, Н не менее |                   | Удлинение в<br>момент разрыва,<br>%, не более |
|---------------------|--------------------------------|---------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------|
|                     |                                | полоски раз-<br>мером<br>50 × 200           | по всей<br>ширине |                                               |
| Ремни шестислойные  |                                |                                             |                   |                                               |
| 50 ± 2,0            | 6,5                            | —                                           | 11 183            | 22                                            |
| 60 ± 3,0            |                                | 11 183                                      | 13 390            |                                               |
| 75 ± 3,0            |                                | 11 183                                      | 16 775            |                                               |
| 90 ± 3,0            |                                | 11 183                                      | 20 110            |                                               |
| 100 ± 3,0           |                                | 11 183                                      | 22 317            |                                               |
| 125 ± 4,0           |                                | 11 183                                      | 27 860            |                                               |
| 150 ± 5,0           |                                | 11 183                                      | 33 452            |                                               |
| Ремни восьмислойные |                                |                                             |                   |                                               |
| 100 ± 3,0           | 8,5                            | 14 616                                      | 29 184            | 25                                            |
| 125 ± 4,0           |                                | 14 616                                      | 36 493            |                                               |
| 150 ± 5,0           |                                | 14 616                                      | 43 752            |                                               |
| 175 ± 5,0           |                                | 14 616                                      | 51 110            |                                               |
| 200 ± 6,0           |                                | 14 616                                      | 5 836             |                                               |
| 250 ± 6,0           |                                | 14 616                                      | 72 986            |                                               |

#### 44. Типы, исполнения и основные размеры (в мм) шкивов (ГОСТ 17383—73)



| D            |                      | В *1  | Рекомен-<br>дуемая<br>ширина<br>ремня<br>b *2 | D            |                      | В *1   | Рекомен-<br>дуемая<br>ширина<br>ремня b *2 |
|--------------|----------------------|-------|-----------------------------------------------|--------------|----------------------|--------|--------------------------------------------|
| Но-<br>минал | От-<br>кло-<br>нение |       |                                               | Но-<br>минал | От-<br>кло-<br>нение |        |                                            |
| 40           | ±0,5                 | 16—40 | 10—32                                         | 280          | ±3,2                 | 32—280 | 25—250                                     |
| 45           | ±0,6                 | 16—50 | 10—40                                         | 315          | ±3,2                 | 40—315 | 32—280                                     |
| 50           |                      | 16—63 | 10—50                                         | 355          |                      | 40—355 | 32—315                                     |

Продолжение табл. 44

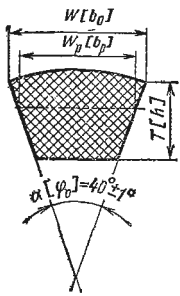
| D                 |                      | B *1                       | Рекомен-<br>дуемая<br>ширина<br>ремня<br>b *2 | D                    |                      | B *1                          | Рекомен-<br>дуемая<br>ширина<br>ремня b *2 |
|-------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|
| Но-<br>минал      | От-<br>кло-<br>нение |                            |                                               | Но-<br>минал         | От-<br>кло-<br>нение |                               |                                            |
| 56<br>63          | ±0,8                 | 16—63<br>16—71             | 10—50<br>10—63                                | 400<br>450<br>500    | ±4,0                 | 50—400<br>50—450<br>63—500    | 40—355<br>40—400<br>50—450                 |
| 71<br>80          | ±1,0                 | 16—80                      | 10—71                                         | 560<br>630<br>710    |                      | 63—560<br>71—630<br>80—630    | 50—500<br>63—560<br>71—560                 |
| 90<br>100<br>112  | ±1,2                 | 16—90<br>16—100<br>16—112  | 10—80<br>10—90<br>10—100                      | 800<br>900<br>1000   | ±6,3                 | 90—630<br>100—630<br>112—630  | 80—560<br>90—560<br>100—560                |
| 125<br>140        | ±1,6                 | 16—125<br>16—140           | 10—112<br>10—125                              | 1120<br>1250<br>1400 | ±8,0                 | 125—630<br>140—630<br>160—630 | 112—560<br>125—560<br>140—560              |
| 160<br>180<br>200 | ±2,0                 | 20—160<br>20—180<br>25—200 | 16—140<br>16—160<br>20—180                    | 1600<br>1800<br>2000 | ±10,0                | 180—630<br>200—630<br>224—630 | 160—560<br>180—560<br>200—560              |
| 224<br>250        | ±2,5                 | 25—224<br>32—250           | 20—200<br>25—224                              |                      |                      |                               |                                            |

\*1 Размер B в указанных пределах брать из ряда 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 224; 250; 280; 312; 335; 400; 450; 500; 560; 630 мм.

\*2 Размер b в указанных пределах брать из ряда 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 224; 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500; 560 мм.

Ременный шкив состоит из обода, несущего ремень; ступицы, монтируемой на валу со шпонкой; спиц или диска, соединяющего обод со ступицей. Обод шкива плоскоремненной передачи выполняют либо цилиндрическим, либо выпуклым с целью центрирования ремня в средней плоскости шкива. Так как выпуклость на ободе уменьшает долговечность ремня, то обычно лишь один из шкивов (чаще всего меньший) делают выпуклым. Типы, исполнения и основные размеры шкивов по ГОСТ 17383—73 даны в табл. 44; выпуклость шкива  $h$  равна: 0,3 мм для  $D = 40 \div 112$  мм; 0,4 мм для  $D = 125 \div 140$  мм; 0,5 мм

### 45. Размеры (в мм) сечений клиновых ремней (ГОСТ 1284.1—80)

|  | Обозначение сечения | Расчетная ширина $W_p [b_p]$ | Ширина большого основания $W [b_0]$ | Высота $T [h]$ |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------------------|----------------|
|                                                                                  | Z (O)               | 8,5                          | 10                                  | 6              |
|                                                                                  | A                   | 11                           | 13                                  | 8              |
|                                                                                  | B (Б)               | 14                           | 17                                  | 10,5 (11)      |
|                                                                                  | C (В)               | 19                           | 22                                  | 13,5 (14)      |
|                                                                                  | D (Г)               | 27                           | 32                                  | 19 (20,0)      |
|                                                                                  | E (Д)               | 32                           | 38 (40)                             | 23,5 (25)      |
|                                                                                  | EO (Е)              | 42                           | 50                                  | 30             |

Примечания: 1. Размеры, указанные в скобках, являются дополнительными. Ремни этих размеров изготавливают по согласованию между изготовителем и потребителем.  
2. Обозначения в квадратных скобках соответствуют ранее принятым в технической документации и не рекомендуются для дальнейшего применения.

для D, равного 180 и 160 мм; 0,6 мм для D, равного 200 и 224 мм; 0,8 мм для D, равного 250 и 280 мм; 1,0 мм для D, равного 315 и 355 мм.

Клиnoreменные передачи по сравнению с плоскоременными имеют следующие преимущества: возможность получения больших передаточных отношений (до 7, реже до 10); относительно небольшие межосевые расстояния; увеличение тяговой способности вследствие клиновой формы ремня; более высокую надежность и компактность.

Клиновые ремни имеют трапецеидальную форму поперечного сечения. Бесконечные клиновые резинотканевые приводные ремни (ГОСТ 1284.1—80 и ГОСТ 1284.2—80) изготавливают кордтканевыми и кордшнуровыми. Первые следует применять при относительно больших диаметрах шкивов, вторые — при малых диаметрах шкивов, а также при высоких скоростях.

Ремни изготавливают семи типоразмеров; они различаются возрастающими размерами поперечного сечения. В табл. 45 приведены размеры сечений клиновых ремней. Расчетная ширина  $W_p [b_p]$  соответствует приблизительно ширине ремня по нейтральной линии. Она остается неизменной при изгибе ремня на шкиве любого диаметра.

## 46. Расчетная длина клиновых ремней (ГОСТ 1284.1—80)

| Расчетная длина $L_p$ ремня, мм                                                              | Сечение ремня |    |       |       |       |       |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----|-------|-------|-------|-------|--------|
|                                                                                              | Z (O)         | A  | B (B) | C (B) | D (Г) | E (D) | EO (E) |
| 400; (425); 450; (475); 500; (530)                                                           | +             | —  | —     | —     | —     | —     | —      |
| 560; (600); 630; (670); 710; (750)                                                           | +             | +  | —     | —     | —     | —     | —      |
| 800; (850); 900; (950); 1000; (1060); 1120; (1180); 1250; (1320); 1400; (1500); 1600; (1700) | +             | +  | +     | —     | —     | —     | —      |
| 1800; (1900); 2000; (2120); 2240; (2360); 2500                                               | +             | +  | +     | +     | —     | —     | —      |
| (2650); 2800; (3000)                                                                         | —             | +  | +     | +     | —     | —     | —      |
| 3150; (3350); (3750); 4000                                                                   | —             | +  | +     | +     | +     | —     | —      |
| (4250)                                                                                       | —             | —  | +     | +     | +     | —     | —      |
| 4500; (4750); 5000; (5300); 5600; (6000)                                                     | —             | —  | +     | +     | +     | +     | —      |
| 6300                                                                                         | —             | —  | +     | +     | +     | +     | +      |
| (6700); 7100; (7500); 8000; (8500); 9000; (9500); 10 000; (10 600)                           | —             | —  | —     | +     | +     | +     | +      |
| 11 200; (11 800); 12 500; (13 200); 14 000; 15 000                                           | —             | —  | —     | —     | +     | +     | +      |
| 16 000; (17 000); 18 000                                                                     | —             | —  | —     | —     | —     | +     | +      |
| Разность $\Delta L$ между расчетной и внутренней длинами ремня, мм                           | 25            | 33 | 40    | 59    | 76    | 95    | 120    |

Примечания: 1. Расчетные длины ремней, указанные в скобках, применяют в технически обоснованных случаях.

2. По согласованию с потребителем для импортного оборудования допускается применять ремни других длин.

Расчетная длина ремней  $L_p$  (длина на уровне его расчетной ширины) приведена в табл. 46.

Шкивы клиноременной передачи выполняют из серого чугуна или алюминиевых сплавов. Обод шкива имеет канавки клиновой формы, в которых помещают клиновые ремни.

Монолитные шкивы для приводных клиновых ремней выпускают по ГОСТ 20889—80, ГОСТ 20890—80, ГОСТ 20891—80; шкивы с диском и ступицей по ГОСТ 20892—80, ГОСТ 20893—80, ГОСТ 20894—80; шкивы со спицами и ступицей по ГОСТ 20895—80, ГОСТ 20896—80, ГОСТ 20897—80.

Зубчато-ременные передачи (рис. 12, д) сочетают преимущества плоскоременной и зубчатой передач. На рабочей поверхности ремней делают зубья, которые входят в зацепление с зубьями на шкивах. Зубчатые ремни изготовляют из маслостойких искусственных материалов или маслостойкой резины и армируют стальными проволочными тросами, воспринимающими основную нагрузку, передаваемую ремнем. Для ремней, работающих в легких условиях, вместо стальных тросов применяют полиамидный корд.

Зубчатые ремни устанавливают без предварительного натяжения; они работают без скольжения и бесшумно, более компактны.

### ЦЕПНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Цепной называется передача, состоящая из двух колес-звездочек, соединенных цепью (рис. 13). Вращение ведущей звездочки преобразуется во вращение ведомой благодаря сцеплению цепи с зубьями звездочек. Достоинствами цепных передач по сравнению с ременными являются: отсутствие проскальзывания; компактность (занимают значительно меньше места по ширине); меньшие нагрузки на валы и подшипники; постоянство передаточного отношения; недостатки: удлинение цепи вследствие износа ее шарниров и растяжения пластин; цепь состоит

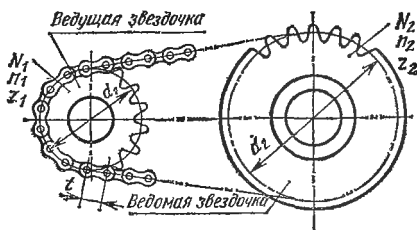
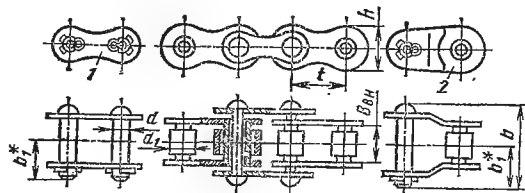


Рис. 13. Цепная передача

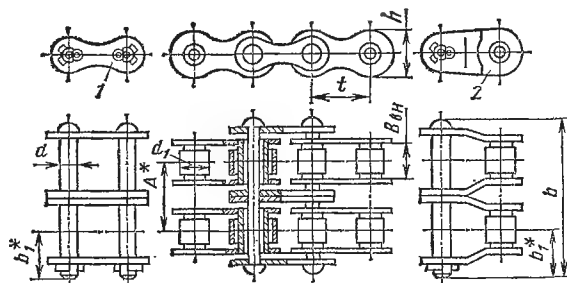


Типа ПРЛ и ПР



\* Размер для справок

Типа ПР



1 — звено соединительное; 2 — звено переходное

Размеры, мм

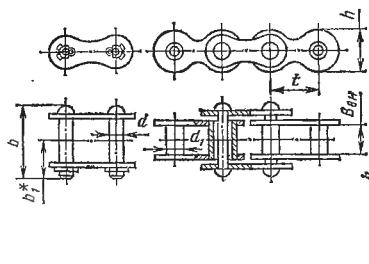
| Обозначение цепи                       | $t$    | $B_{\text{вн}}$ , не менее | $d$   | $d_1$ | $A$ | $h$      | $b$ | $b_1$ | Разрушающая нагрузка, Н (кгс), не менее |
|----------------------------------------|--------|----------------------------|-------|-------|-----|----------|-----|-------|-----------------------------------------|
|                                        |        |                            |       |       |     | не более |     |       |                                         |
| ПРЛ — приводные роликовые легкой серии |        |                            |       |       |     |          |     |       |                                         |
| ПРЛ-15,875-2270                        | 15,875 | 9,65                       | 5,08  | 10,16 | —   | 14,8     | 24  | 13    | 22 268 (2 270)                          |
| ПРЛ-19,05-2950                         | 19,05  | 12,70                      | 5,96  | 11,91 | —   | 18,2     | 33  | 17    | 28 939 (2 950)                          |
| ПРЛ-25,4-5000                          | 25,4   | 15,88                      | 7,95  | 15,88 | —   | 24,2     | 39  | 22    | 49 050 (5 000)                          |
| ПРЛ-31,75-7000                         | 31,75  | 19,05                      | 9,55  | 19,05 | —   | 30,2     | 46  | 24    | 68 670 (7 000)                          |
| ПРЛ-38,1-10000                         | 38,1   | 25,40                      | 11,12 | 22,23 | —   | 36,2     | 58  | 30    | 98 100 (10 000)                         |
| ПРЛ-44,45-13000                        | 44,45  | 25,40                      | 12,72 | 25,40 | —   | 42,4     | 62  | 34    | 127 530 (13 000)                        |
| ПРЛ-50,8-16000                         | 50,8   | 31,75                      | 14,29 | 28,58 | —   | 48,3     | 72  | 38    | 15 690 (16 000)                         |

| Обозначение цепи                          | $t$    | $B_{\text{вн}}$ , не менее | $d$   | $d_1$ | $A$   | $h$      | $b$ | $b_1$ | Разрушающая нагрузка, Н (кгс), не менее |
|-------------------------------------------|--------|----------------------------|-------|-------|-------|----------|-----|-------|-----------------------------------------|
|                                           |        |                            |       |       |       | не более |     |       |                                         |
| ПР — приводные роликовые нормальной серии |        |                            |       |       |       |          |     |       |                                         |
| ПР-8-460                                  | 8,0    | 3,0                        | 2,31  | 5,0   | —     | 7,5      | 12  | 7     | 4 516 (460)                             |
| ПР-9,525-910                              | 9,525  | 5,72                       | 3,28  | 6,35  | —     | 8,5      | 17  | 10    | 8 927 (910)                             |
| ПР-12,7-900-1                             | 12,7   | 2,4                        | 3,66  | 7,75  | —     | 10,0     | 87  | —     | 8 829 (900)                             |
| ПР-12,7-900-2                             | 12,7   | 3,3                        | 3,66  | 7,75  | —     | 10,0     | 12  | 7     | 8 829 (900)                             |
| ПР-12,7-1820-1                            | 12,7   | 5,4                        | 4,45  | 8,51  | —     | 11,8     | 19  | 10    | 17 854 (1 820)                          |
| ПР-12,7-1820-2                            | 12,7   | 7,75                       | 4,45  | 8,51  | —     | 11,8     | 21  | 11    | 17 854 (1 820)                          |
| ПР-15,875-2270-1                          | 15,875 | 6,48                       | 5,08  | 10,16 | —     | 14,8     | 20  | 11    | 22 268 (2 270)                          |
| ПР-15,875-2270-2                          | 15,875 | 9,65                       | 5,08  | 10,16 | —     | 14,8     | 24  | 13    | 22 268 (2 270)                          |
| ПР-19,05-3180                             | 19,05  | 12,7                       | 5,96  | 11,91 | —     | 18,2     | 33  | 18    | 31 195 (3 180)                          |
| ПР-25,4-5670                              | 25,4   | 15,88                      | 7,95  | 15,88 | —     | 24,2     | 39  | 22    | 55 622 (5 670)                          |
| ПР-31,75-8850                             | 31,75  | 19,05                      | 9,55  | 19,05 | —     | 30,2     | 46  | 24    | 8 681 (8 850)                           |
| ПР-38,1-12700                             | 38,1   | 25,4                       | 11,1  | 22,23 | —     | 36,2     | 58  | 30    | 124 587 (12 700)                        |
| ПР-14,45-17240                            | 44,45  | 25,4                       | 12,7  | 25,7  | —     | 42,4     | 62  | 34    | 169 124 (17 240)                        |
| ПР-50,8-22680                             | 50,8   | 31,75                      | 14,29 | 28,58 | —     | 48,3     | 72  | 38    | 222 490 (22 680)                        |
| ПР-63,5-35380                             | 63,5   | 38,1                       | 19,84 | 39,68 | —     | 60,4     | 89  | 48    | 347 077 (35 380)                        |
| 2ПР-12,7-3180                             | 12,7   | 7,75                       | 4,45  | 8,51  | 13,92 | 11,8     | 35  | 11    | 31 195 (3 180)                          |
| 2ПР-15,875-4540                           | 15,875 | 9,65                       | 5,08  | 10,16 | 16,59 | 14,8     | 41  | 13    | 44 537 (4 540)                          |
| 2ПР-19,05-7200                            | 19,05  | 12,70                      | 5,88  | 11,91 | 11,91 | 25,50    | 54  | 18    | 70 631 (7 200)                          |
| 2ПР-25,4-11340                            | 25,4   | 15,88                      | 7,95  | 15,88 | 29,29 | 24,2     | 68  | 22    | 111 245 (11 340)                        |
| 2ПР-31,75-17700                           | 31,75  | 19,05                      | 9,55  | 19,05 | 35,76 | 30,2     | 82  | 24    | 173 637 (17 700)                        |
| 2ПР-38,1-25400                            | 38,1   | 25,40                      | 11,12 | 22,23 | 45,44 | 36,2     | 104 | 30    | 249 174 (25 400)                        |
| 2ПР-44,45-34480                           | 44,45  | 25,40                      | 12,72 | 25,40 | 48,87 | 42,4     | 110 | 34    | 338 248 (34 480)                        |
| 2ПР-50,8-45380                            | 50,8   | 31,75                      | 14,29 | 28,58 | 58,55 | 48,3     | 130 | 38    | 444 981 (45 360)                        |

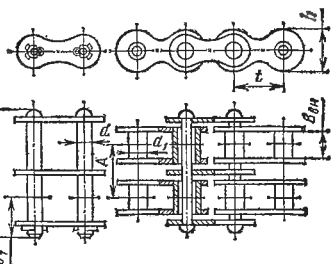
Примечание. Допускается снижение разрушающей нагрузки переходных звеньев на 20 %.

48. Цепи однорядные и двухрядные типа ПВ ( $t = 9,525$  мм)

Однорядная цепь



Двухрядная цепь



\* Размер для справок.

Размеры, мм

| Обозначение цепи | $B_{вн}$ ,<br>не ме-<br>нее | $a$  | $a_1$ | $A$   | $h$      | $b$  | $b_1$ | Разрушающая нагрузка,<br>Н (кгс), не менее |
|------------------|-----------------------------|------|-------|-------|----------|------|-------|--------------------------------------------|
|                  |                             |      |       |       | не более |      |       |                                            |
| ПВ-9,525-1100    | 7,60                        | 3,59 | 5     | —     | 8,80     | 18,5 | 10    | 10 791 (1 100)                             |
| ПВ-9,525-1200    | 9,52                        | 4,45 | 6     | —     | 9,85     | 21,2 | 12    | 11 772 (1 200)                             |
| 2ПВ-9,525-1800   | 5,20                        | 4,45 | 6     | 10,75 | 9,85     | 27,5 | 8,5   | 17 658 (1 800)                             |

из отдельных звеньев и располагается на звездочке не по окружности, а по многограннику, что вызывает шум и дополнительные динамические нагрузки; затруднен подвод смазки к шарнирам цепи, что сокращает срок службы передачи.

Цепные передачи применяют при сравнительно больших межосевых расстояниях, когда зубчатые передачи невозможно использовать вследствие их громоздкости, а ременные передачи — в связи с требованиями компактности или постоянства передаточного отношения.

По конструкции различают приводные цепи: роликовые, втулочные, зубчатые и фасонно-звенные.

Однорядные роликовые цепи типа ПРЛ, ПР и двухрядные типа ПР (табл. 47), а также трехрядные и четырехрядные типа ПП выпускают по ГОСТ 13568—75. Однорядные и двухрядные втулочные цепи типа ПВ (табл. 48) поставляют по ГОСТ 13568—75.

Тяговые пластинчатые цепи (втулочные и роликовые) выпускают по ГОСТ 588—81; этот ГОСТ распространяется

на тяговые пластинчатые втулочные, роликовые и катковые цепи (с гладкими катками и подшипниками скольжения), применяемые в подъемно-транспортных машинах и других механизмах.

Приводные зубчатые цепи (рис. 14) выпускают по ГОСТ 13552—81. Эти цепи работают плавно, с небольшим шумом, обеспечивают высокую кинематическую точность передачи вследствие равномерного изменения шага в процессе работы, обладают повышенной надежностью.

Звездочки приводных роликовых и втулочных цепей выполняют по ГОСТ 591—69, звездочки для пластинчатых цепей — по ГОСТ 592—81, звездочки для зубчатых цепей — по ГОСТ 13576—81.

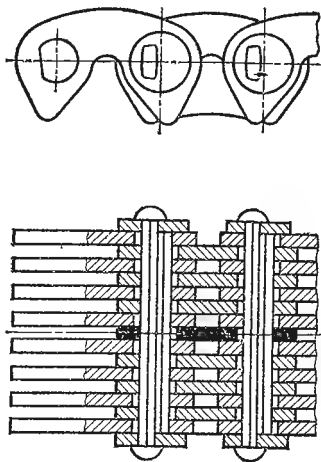


Рис. 14. Зубчатая цепь

### ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ

ГОСТ 16530—83 устанавливает общие термины, определения и обозначения зубчатых передач различных видов с постоянным передаточным отношением.

*Зубчатая передача* — трехзвенный механизм, в котором два подвижных звена являются зубчатыми колесами, образующими с неподвижным звеном вращательную или поступательную пару.

*Зубчатое зацепление* — кинематическая пара, образованная зубчатыми колесами передачи. *Зубчатая пара* — два сопряженных зубчатых колеса передачи.

*Зубчатое колесо* — зубчатое звено с замкнутой системой зубьев, обеспечивающее непрерывное движение другого зубчатого звена. *Зубчатое звено* — это звено, имеющее один или несколько зубьев. *Зуб* — выступ на звене для передачи движения посредством взаимодействия с соответствующими выступами другого звена.

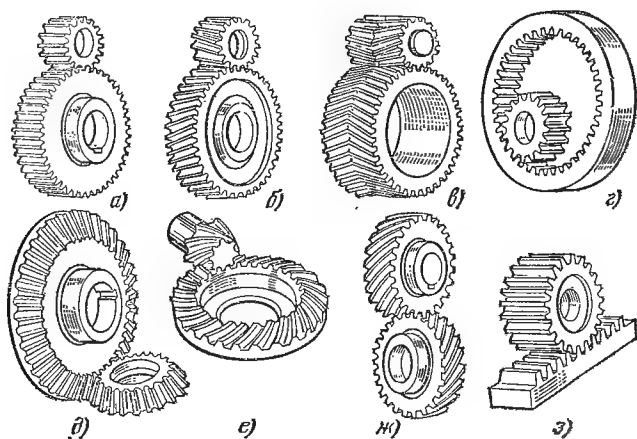


Рис. 15. Зубчатые передачи

*Ведущее зубчатое колесо* — колесо передачи, которое сообщает движение парному зубчатому колесу, *ведомое* — это зубчатое колесо, которому сообщает движение парное зубчатое колесо.

Зубчатое колесо передачи с меньшим числом зубьев называется *шестерней*, а с большим числом — *колесом*. При одинаковом числе зубьев колес передачи шестерней называют ведущее колесо, а колесом — ведомое. В обозначениях индекс 1 принимают для величин, относящихся к шестерне, индекс 2 — для величин, относящихся к колесу; индекс  $n$  — для величин, относящихся к нормальному сечению колеса (шестерни), индекс  $t$  — для величин, относящихся к окружному (торцовому) сечению.

Достоинствами зубчатых передач являются: постоянное передаточное отношение, высокий коэффициент полезного действия, надежность, простота, относительно большой диапазон передаваемой мощности, малые габариты. К недостаткам передач относятся: сравнительная сложность изготовления, требующая специального оборудования и инструмента, повышенный шум при высоких скоростях вследствие неточности изготовления, необходимость точного монтажа.

Зубчатые передачи по расположению осей подразделяются на *зубчатые передачи с параллельными осями*

(рис. 15, а—г); зубчатые передачи с пересекающимися осями (рис. 15, д, е); зубчатые передачи со скрещивающимися осями (рис. 15, ж). К зубчатым передачам с параллельными осями относятся *цилиндрические* зубчатые передачи (рис. 15, а—г, з); к передачам с пересекающимися осями относятся *конические* зубчатые передачи (рис. 15, д, е) и *смешанные конические* передачи; к передачам со скрещивающимися осями относятся *винтовые* зубчатые передачи (рис. 15, ж), *гиперболоидные* зубчатые передачи, *гипоидные*, *червячные* (рис. 16) и *спироидные*.

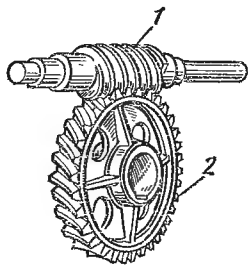


Рис. 16. Червячная передача:

1 — червяк; 2 — червячное колесо

По форме расположения зуба на зубчатом колесе различают: *прямые* (см. рис. 15, а, г, д, з), *винтовые* (рис. 15, б, в, е, ж) и *криволинейные* зубья.

В зависимости от взаимного расположения зубчатых колес различают зубчатые передачи с *внешним* (рис. 15, а—в, д—з) и *внутренним* зацеплением (рис. 15, г). Признаком передачи с внешним зацеплением является вращение ее зубчатых колес в противоположные стороны, а передачи с внутренним зацеплением — в одном направлении.

Разновидностью зубчатой передачи является *реечная* передача (рис. 15, з), состоящая из сцепляющихся между собой шестерни и рейки и служащая для преобразования вращательного движения шестерни в возвратно-поступательное движение рейки, или наоборот.

Зубчатые передачи применяют не только в виде пары сцепляющихся зубчатых колес, но и в более сложных сочетаниях, образующих многоступенчатые зубчатые передачи, а также планетарные передачи, включающие в себя зубчатые колеса с перемещающимися геометрическими осями, и волновые передачи, в которых одно из зубчатых колес представляет собой гибкий венец.

ГОСТ 16531—83 устанавливает термины, определения и обозначения цилиндрических зубчатых передач.

Различают следующие виды цилиндрических зубчатых передач: *реечная цилиндрическая зубчатая передача*, одним

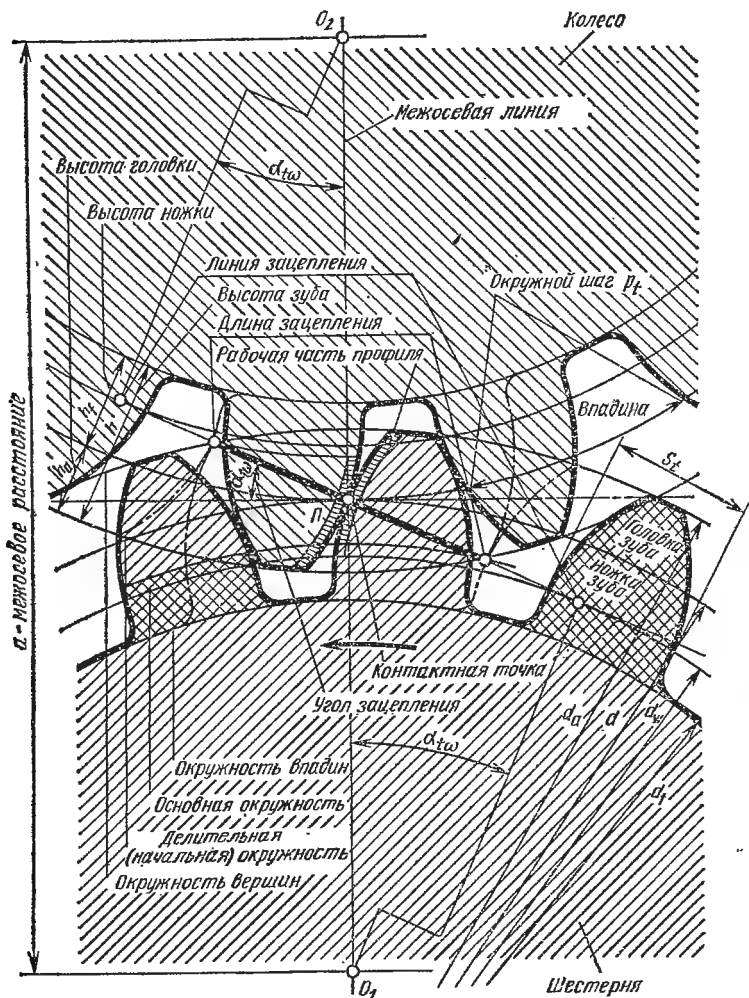


Рис. 17. Элементы зубчатых колес и зубчатого зацепления

из звеньев которого является зубчатая рейка (рис. 15, з); *прямозубая цилиндрическая передача* (рис. 15, а, г); *косо-зубая цилиндрическая передача* (рис. 15, б); *шевронная зубчатая передача* (рис. 15, в) и др.

На рис. 17 представлены основные элементы и параметры цилиндрических зубчатых колес и цилин-

цилиндрического зубчатого зацепления, определяемого ГОСТ 16531—83 и ГОСТ 16530—83.

*Диаметр* цилиндрического зубчатого колеса — диаметр концентрической окружности зубчатого колеса. *Концентрическая окружность* — это окружность с центром на оси зубчатого колеса, лежащая в торцовом сечении. Различают *окружность впадин*, определяемую диаметром  $d_f$ ; *основную окружность*, определяемую диаметром  $d_b$ , *делительную (начальную) окружность*, определяемую диаметром  $d$ .

*Делительное межосевое расстояние*  $a$  цилиндрической зубчатой передачи — это межосевое расстояние, равное полусумме делительных диаметров  $d$  при внешнем зацеплении (полуразности при внутреннем зацеплении).

*Высота зуба* цилиндрического зубчатого колеса  $h$  — расстояние между окружностями вершин зубьев и впадин цилиндрического зубчатого колеса.

*Высота делительной головки (ножки) зуба* цилиндрического зубчатого колеса  $h_a$  ( $h_f$ ) — расстояние между делительной окружностью цилиндрического зубчатого колеса и его окружностью вершин (впадин).

*Межосевая линия* — прямая линия, пересекающая оси зубчатых колес передачи под прямым углом.

*Окружной шаг зубьев* — расстояние между одноименными профилями соседних зубьев по дуге концентрической окружности зубчатого колеса. Различают делительный, начальный и другие окружные шаги зубьев, соответствующие делительной, начальной и другим концентрическим окружностям зубчатого колеса.

*Окружная толщина зуба* — расстояние между разноименными профилями зуба по дуге концентрической окружности зубчатого колеса. Различают делительную, начальную и другие окружные толщины зубьев.

*Ширина венца* цилиндрического зубчатого колеса — наибольшее расстояние между торцами зубьев цилиндрического колеса по линии, параллельной его оси.

*Угол зацепления*  $\alpha_{tw}$  — острый угол в главном сечении эвольвентной цилиндрической зубчатой передачи между линией зацепления и прямой, перпендикулярной к межосевой линии.

*Линия зацепления* — траектория общей точки контакта зубьев при ее движении относительно неподвижной



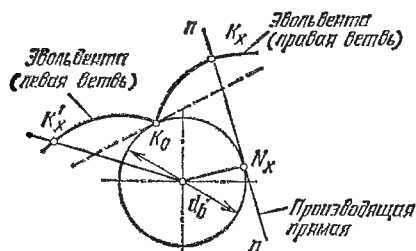


Рис. 18. Схема образования эвольвентных окружностей

*Рабочий профиль зуба* — профиль зуба, расположенный на его рабочей стороне.

*Профиль боковой поверхности зуба* — линия пересечения боковой поверхности зуба и заданной поверхности, отличной от делительной, начальной и однотипной соосных поверхностей зубчатого колеса.

*Нормальный профиль зуба* — линия сечения боковой поверхности зуба плоскостью, нормальной к линии зуба.

По форме кривой, использованной для торцового профиля зуба, различают передачи: *эвольвентные, циклоидные, с профилем по дуге окружности* и др. Среди цилиндрических передач особое распространение получили эвольвентные цилиндрические передачи, которые имеют значительные преимущества перед другими передачами, так как в определенных пределах допускают изменение межосевого расстояния, сохраняя постоянство передаточного отношения в процессе зацепления, и обладают хорошими эксплуатационными качествами, кроме того, изготовление эвольвентных колес и инструмента для их нарезания наиболее простое.

*Эвольвентой окружности* называется кривая, описываемая любой точкой прямой линии при перекатывании ее без скольжения по окружности. При этом прямая линия является производящей прямой, т. е. линией зацепления, а окружность — основной. На рис. 18 изображены основная окружность и производящая прямая (последняя дана штрихами в начальном положении и сплошной линией в произвольном положении  $K_x N_x$ ). При качении производящей прямой (линия зацепления) по основной окружности в одном направлении точка  $K$  прямой опи-

зубчатой передачи, которая при линейном контакте определяется в ее главном сечении.

*Контактная точка* — одна из точек поверхности (профиля) зуба зубчатого колеса, в которых в данный момент происходит взаимодействие зубьев зубчатых колес передачи.

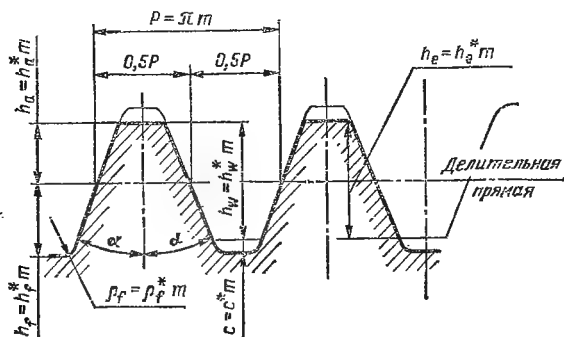


Рис. 19. Исходный контур

сывает прямую ветвь эвольвенты  $K_0K_x$ . При качении производящей прямой в другом направлении точка  $K$  описывает левую ветвь эвольвенты  $K_0K_x$ .

Единственным параметром, определяющим эвольвенту, является диаметр основной окружности  $d_b$ , так как каждой данной окружности соответствует только одна определенная эвольвента. С увеличением  $d_b$  эвольвента становится все более пологой и при  $d_b = \infty$  обращается в прямую линию. Поэтому в реечном зацеплении (см. рис. 15, з) профиль зуба рейки прямолинейный.

Так как эвольвента не может оказаться внутри основной окружности, то профиль зуба по эвольвенте выполняется только вне основной окружности, а часть профиля, расположенная внутри ее, получает соответствующую форму в процессе изготовления зубьев.

Профилирование зубьев эвольвентного зацепления и инструмента для их нарезания осуществляется в соответствии с *исходным контуром*, представляющим собой очертание зубьев номинальной исходной зубчатой рейки в сечении плоскостью, перпендикулярной ее делительной плоскости.

Параметрами исходного контура (рис. 19) зубчатых цилиндрических эвольвентных передач являются: угол профиля  $\alpha = 20^\circ$ ; коэффициент высоты головки  $h_a^* = 1$ ; коэффициент высоты ножки  $h_f^* = 1,25$ ; коэффициент граничной высоты  $h_e^* = 2$ ; коэффициент радиуса кривизны  $r_f^*$  переходной кривой ( $r_f^* = 0,38$ ); коэффициент глубины захода  $h_w^*$  зубьев в паре исходных контуров ( $h_w^* = 2$ );

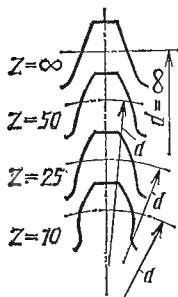


Рис. 20. Зависимость формы профиля зубьев от их числа

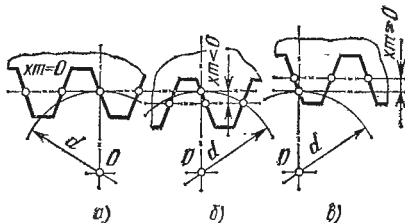


Рис. 21. Схемы смещения колес зубчатых передач

коэффициент радиального зазора  $c$  в паре исходных контуров ( $c^* = 0,25$ ). Шаг рейки

$$p = \pi m,$$

где  $m$  — модуль.

Форма эвольвентного профиля зубьев при заданном угле профиля и модуле зависит от числа зубьев  $z$  (рис. 20). При бесконечно большом числе зубьев, что соответствует бесконечно большому диаметру делительной окружности ( $d = zm$ ), как было указано выше, эвольвента превращается в прямую линию. С уменьшением числа зубьев увеличивается кривизна эвольвентного профиля и соответственно уменьшается толщина зубьев у основания и у вершины.

Для устранения явлений подрезания зубьев нормального эвольвентного зацепления (для повышения прочности на изгиб и др.) применяют специальные способы исправления, заключающиеся в том, что инструмент устанавливают с некоторым *смещением* в радиальном направлении.

*Подрезание зубьев* — это срезание части номинальной поверхности у основания зуба обрабатываемого зубчатого колеса в результате интерференции зубьев при станочном зацеплении.

*Интерференция зубьев* — явление, состоящее в том, что при рассмотрении теоретической картины зубчатого зацепления часть пространства оказывается одновременно занятой двумя взаимодействующими зубьями.

*Смещение исходного контура* — расстояние по нормали между делительной поверхностью цилиндрического

## 49. Ряд модулей зубчатых зацеплений (ГОСТ 9563—60)

Размеры, мм

| Ряд 1 | Ряд 2 | Ряд 1 | Ряд 2 | Ряд 1 | Ряд 2 | Ряд 1 | Ряд 2 | Ряд 1 | Ряд 2 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,05  | —     | 0,25  | —     | 1,25  | —     | 6     | —     | 32    | —     |
| —     | 0,055 | —     | 0,28  | —     | 1,375 | —     | 7     | —     | 36    |
| 0,06  | —     | 0,3   | —     | 1,5   | —     | 8     | —     | 40    | —     |
| —     | 0,07  | —     | 0,35  | —     | 1,75  | —     | 9     | —     | 45    |
| 0,08  | —     | 0,4   | —     | 2     | —     | 10    | —     | 50    | —     |
| —     | 0,09  | —     | 0,45  | —     | 2,25  | —     | 11    | —     | 55    |
| 0,1   | —     | 0,5   | —     | 2,5   | —     | 12    | —     | 60    | —     |
| —     | 0,11  | —     | 0,55  | —     | 2,75  | —     | 14    | —     | 70    |
| 0,12  | —     | 0,6   | —     | 3     | —     | 16    | —     | 80    | —     |
| —     | 0,14  | —     | 0,7   | —     | 3,5   | —     | 18    | —     | 90    |
| 0,15  | —     | 0,8   | —     | 4     | —     | 20    | —     | 100   | —     |
| —     | 0,18  | —     | 0,9   | —     | 4,5   | —     | 22    | —     | —     |
| 0,2   | —     | 1     | —     | 5     | —     | 25    | —     | —     | —     |
| —     | 0,22  | —     | 1,125 | —     | 5,5   | —     | 28    | —     | —     |

зубчатого колеса и делительной плоскостью теоретической исходной зубчатой рейки при ее номинальном положении.

Коэффициент смещения исходного контура  $x$  — отношение смещения исходного контура к нормальному модулю цилиндрического зубчатого колеса.

Окружной (осевой, нормальный) модуль зубьев  $m_t$  ( $m_x$ ,  $m_n$ ) — линейная величина, в  $\pi$  раз меньшая окружного (осевого, нормального) шага зубьев. В табл. 49 дан ряд модулей зубчатых зацеплений по ГОСТ 9563—60.

На рис. 21 показаны схемы смещения колес зубчатых передач:

номинальное положение (рис. 21, а), при котором делительная прямая рейки касается делительной окружности колеса (колесо, зубья которого образованы при нормальном положении исходной производящей рейки, называют колесом без смещения);

положение с отрицательным смещением (рис. 21, б), при котором делительная прямая исходного контура пересекает делительную окружность зубчатого колеса (коэффициент смещения  $x < 0$ );

положение с положительным смещением (рис. 21, в), при котором делительная прямая исходного контура не пересекает и не соприкасается с делительной окружностью колеса (коэффициент смещения  $x > 0$ ).

ГОСТ 16532—70 устанавливает метод расчета геометрических параметров зубчатых цилиндрических эвольвентных передач внешнего зацепления.

### подшипники

Опоры вращающихся осей и валов называются *подшипниками*. Подшипники служат также для поддержания различных деталей, вращающихся на осях. По виду трения различают: *подшипники скольжения*, в которых опорная поверхность оси или вала скользит по рабочей поверхности подшипника; *подшипники качения*, в которых используется трение качения благодаря установке шариков или роликов между опорными поверхностями оси или вала и подшипника.

По направлению действия воспринимаемой нагрузки подшипники делят: на *радиальные*, воспринимающие радиальные нагрузки; *упорные*, воспринимающие от вала только осевые нагрузки; *радиально-упорные*, воспринимающие одновременно радиальные и осевые нагрузки.

**Подшипники скольжения.** Подшипники скольжения имеют следующие преимущества: малые размеры; возможность применения разъемных подшипников; высокую частоту вращения (100 000 об/мин и более), возможность работы в воде и агрессивных средах, а также при вибрационных и ударных нагрузках. К недостаткам подшипников скольжения относятся: высокие потери на трение и в связи с этим пониженный КПД; необходимость систематического наблюдения и непрерывной смазки; неравномерный износ подшипника и цапфы; применение для изготовления подшипников дорогостоящих материалов; относительно большая длина цапфы и вкладыша.

Подшипник скольжения в большинстве случаев состоит из корпуса и помещенных в нем вкладышей, на которые непосредственно опираются ось или вал. Корпус обычно выполняют из чугуна; вкладыши для уменьшения трения изготавливают из материалов, которые в паре с цапфой вала имеют малый коэффициент трения.

Коэффициент трения  $f$  при смазке

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| Для стали по чугуну и пластмассе . . . . .   | 0,15—0,20 |
| По антифрикционному чугуну, бронзе . . . . . | 0,10—0,15 |
| По баббиту . . . . .                         | 0,06—0,10 |

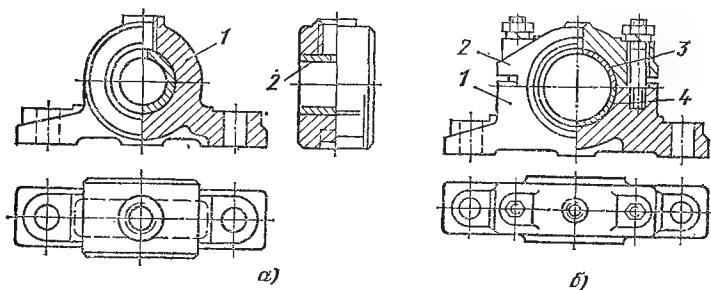


Рис. 22. Подшипники скольжения

Различают неразъемные подшипники скольжения и разъемные. На рис. 22, а дана конструкция неразъемного подшипника скольжения, состоящего из корпуса 1 и вкладыша 2 (втулки); на рис. 22, б — конструкция разъемного подшипника, состоящего из корпуса 1, крышки 2, вкладышей верхнего 3 и нижнего 4. Крышка крепится шпильками или болтами. Неразъемные подшипники проще по конструкции и дешевле разъемных, но они неудобны при монтаже осей и валов. Разъемные подшипники удобны при монтаже, допускают регулировку зазоров путем сближения крышки и корпуса.

**Подшипники качения.** По сравнению с подшипниками скольжения подшипники качения имеют следующие преимущества: малый коэффициент трения; большую грузоподъемность при меньшей ширине подшипника; незначительный расход смазочных материалов; взаимозаменяемость; простоту монтажа, ухода и обслуживания. К недостаткам относятся: значительно меньшая долговечность при больших частотах вращения и при больших нагрузках; ограниченная способность воспринимать ударные нагрузки; большие наружные диаметры по сравнению с подшипниками скольжения.

По форме тел качения подшипники качения делят на шариковые и роликовые. Ролики могут быть цилиндрические короткие, цилиндрические длинные, витые, игольчатые, бочкообразные и конические.

По числу рядов тел качения различают однорядные, двухрядные и четырехрядные подшипники.

По способу компенсации перекосов вала подшипники делят на *несамоустанавливающиеся* и *самоустанавливающиеся*.

ющиеся (со сферической внутренней поверхностью наружного кольца у радиальных подшипников).

По направлению воспринимаемой нагрузки изготовляют *радиальные, радиально-упорные и упорные подшипники*.

По радиальным габаритам при одинаковом внутреннем диаметре подшипники делят на следующие серии: *сверхлегкие, особолегкие, легкие, средние, тяжелые*; по ширине подшипники различают: *узкие, нормальные, широкие и особоширокие*.

Маркировка подшипников качения отражает основные параметры и конструктивные особенности подшипников. Обозначения наносят на торец колец подшипников. Первые две цифры, считая справа налево, означают внутренний диаметр подшипника. Для подшипников с внутренним диаметром от 20 до 495 мм эти две цифры следует умножить на 5, чтобы получить фактический внутренний диаметр в миллиметрах. Для подшипников с диаметром до 20 мм принято следующее обозначение внутреннего диаметра:

|                                   |    |    |    |    |
|-----------------------------------|----|----|----|----|
| Маркировка . . . . .              | 00 | 01 | 02 | 03 |
| Фактический диаметр, мм . . . . . | 10 | 12 | 15 | 17 |

Третья цифра справа указывает серию подшипника по диаметральным размерам и ширине. Приняты следующие обозначения: 1 — особо легкая серия; 2 — легкая серия; 3 — средняя серия; 4 — тяжелая серия; 5 — легкая широкая серия; 6 — средняя широкая серия.

Четвертая цифра справа означает тип подшипника. Приняты следующие обозначения типов: 0 — радиальный шариковый однорядный; 1 — радиальный шариковый двухрядный сферический; 2 — радиальный с короткими цилиндрическими роликами; 3 — радиальный двухрядный сферический с бочкообразными роликами; 4 — радиальный роликовый с длинными цилиндрическими роликами и игольчатый; 5 — радиальный с витыми роликами; 6 — радиально-упорный шариковый; 7 — роликовый конический радиально-упорный; 8 — упорный шариковый; 9 — упорный роликовый.

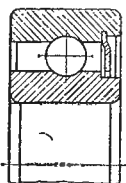
Пятая и шестая цифры справа характеризуют конструктивные особенности подшипника.

## 50. Основные типы подшипников качения

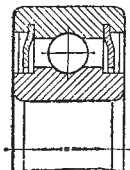
## Шариковые радиальные однорядные подшипники



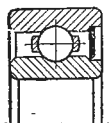
(ГОСТ 8338—75)



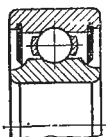
Тип 60 000  
с защитными  
шайбами  
(ГОСТ 7242—81)



Тип 80 000

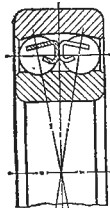


Тип 16 000  
С уплотнением  
(ГОСТ 8882—75)

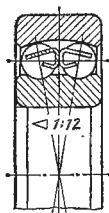


Тип 18 000

## Шариковые радиальные сферические двухрядные подшипники

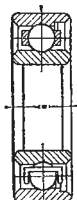


Тип 1000  
с цилиндри-  
ческим  
отверстием  
(ГОСТ 5720—75)



Тип 111 000  
С коническим  
отверстием  
(ГОСТ 5720—75)

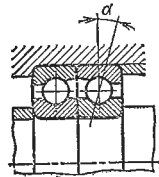
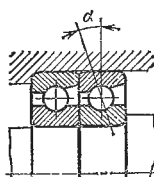
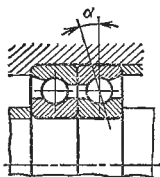
## Шариковые радиально-упорные подшипники



Тип 36 000, 46 000, 66 000

Однорядные (ГОСТ 831—75)





## Типы:

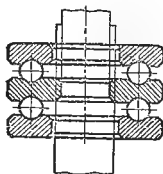
23 600 ( $\alpha = 12^\circ$ )336 000 ( $\alpha = 12^\circ$ )436 000 ( $\alpha = 12^\circ$ )24 600 ( $\alpha = 26^\circ$ )346 000 ( $\alpha = 26^\circ$ )446 000 ( $\alpha = 26^\circ$ )26 600 ( $\alpha = 36^\circ$ )366 000 ( $\alpha = 36^\circ$ )466 000 ( $\alpha = 36^\circ$ )

Сдвоенные (ГОСТ 832—78)

## Шариковые упорные подшипники

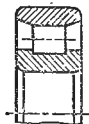


Одиарные (ГОСТ 6874—75)

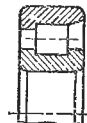


Двойные (ГОСТ 7872—75)

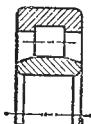
## Роликовые радиальные подшипники



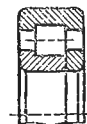
Тип 2000



Тип 12 000

Однорядные с короткими цилиндрическими роликами  
(ГОСТ 8328—75)

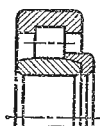
Тип 32 000



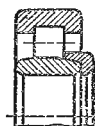
Тип 42 000

Однорядные с короткими цилиндрическими роликами  
(ГОСТ 8328—75)

Продолжение табл. 50

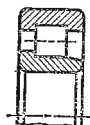


Тип 52 000

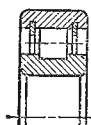


Тип 62 000

Однорядные с короткими цилиндрическими роликами  
(ГОСТ 8328—75)

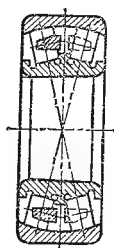


Тип 92 000

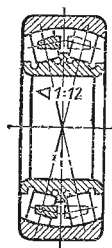


Тип 102 000

Однорядные с короткими цилиндрическими роликами  
(ГОСТ 8328—75)



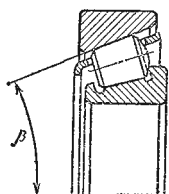
Тип 3000  
С цилиндрическим  
отверстием



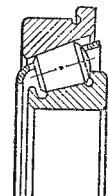
Тип 11 300  
С коническим  
отверстием

Сферические двухрядные (ГОСТ 5721—75)

Роликовые конические однорядные подшипники



(ГОСТ 333—79)



(ГОСТ 3169—81)

Седьмая цифра справа означает серию подшипника по ширине.

**В ы б о р   п о д ш и п н и к о в   к а ч е н и я.** При выборе типа и размеров шарико- и роликоподшипников (табл. 50) необходимо учитывать следующие факторы:

величину и направление нагрузки (радиальная, осевая, комбинированная);

характер нагрузки (постоянная, переменная, ударная);

частоту вращения кольца подшипника;

необходимую долговечность (желаемый срок службы, выраженный в часах или миллионах оборотов);

окружающую среду (температуру, влажность, кислотность и т. п.);

особые требования к подшипнику, предъявляемые конструкцией узла машины или механизма (необходимость самоустанавливаемости подшипника в опоре с целью компенсации перекосов вала или корпуса, обеспечение перемещения вала в осевом направлении и т. п.).

Подшипники выбирают в следующем порядке:

намечают тип подшипника, исходя из условий эксплуатации и конструкции конкретного подшипникового механизма;

определяют типоразмер подшипника в зависимости от величины и направления действующих нагрузок, частоты вращения и требуемого срока службы;

назначают класс точности подшипника с учетом требований к точности вращения механизма.

Исходя из действующих радиальных и осевых нагрузок, вычисляют приведенную нагрузку, которая будучи приложена к подшипнику при вращении внутреннего кольца и неподвижном наружном кольце обеспечивала бы такую же долговечность, какую достигает подшипник в действительных условиях нагружения и вращения.

По приведенной нагрузке, частоте вращения подшипника и требуемому сроку службы рассчитывают необходимую грузоподъемность, являющуюся основной характеристикой подшипника. По найденной динамической грузоподъемности по соответствующему ГОСТу выбирают конкретный типоразмер подшипника и его габаритные размеры.

Методика расчета и подбора стандартных подшипников качения определена ГОСТ 18854—82 и ГОСТ 18855—82.

## ДОПУСКИ, ПОСАДКИ и ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

### ДОПУСКИ И ПОСАДКИ

**Понятие о взаимозаменяемости.** Взаимозаменяемостью называется свойство конструкции составной части изделия, обеспечивающее возможность ее применения вместо другой без дополнительной обработки, с сохранением заданного качества изделия, в состав которого она входит. Взаимозаменяемость может быть полной и неполной (ограниченной).

При полной взаимозаменяемости любой элемент изделия из партии может быть поставлен на соответствующее место в изделии без дополнительной обработки, пригонки, подбора или регулирования. Такая взаимозаменяемость достигается тогда, когда форма, размеры, механические, электрические и другие характеристики элементов находятся в заданных пределах, а сборочные изделия удовлетворяют техническим требованиям.

Неполная (ограниченная) взаимозаменяемость допускает групповой подбор элементов, пригонку, регулирование и применение компенсаторов.

Взаимозаменяемость базируется на стандартизации, нормативно-техническим документом которой является стандарт, устанавливающий комплекс норм, правил и требований к объекту стандартизации.

Вопросы взаимозаменяемости в машиностроении и приборостроении регламентируют системы стандартов: «Основные нормы взаимозаменяемости» (ОНВ) и «Единая система допусков и посадок» (ЕСДП). При составлении стандартов используют стандарты, разрабатываемые Международной организацией по стандартизации ИСО.

**Основные положения и определения по ЕСДП.** ЕСДП распространяется на гладкие сопрягаемые и несопрягаемые элементы деталей с номинальными размерами до 10 000 мм. Систему регламентируют: ГОСТ 25346—82 — общие положения, ряды допусков и основных отклонений; ГОСТ 25347—82 — поля допусков и рекомендуемые посадки; ГОСТ 25348—82 — ряды допусков, основных отклонений и поля допусков для размеров свыше 3150 мм.

*Размер* — числовое значение линейной величины (диаметр, длина и т. д.) в выбранных единицах измерения.

*Действительный размер* — размер, установленный измерением с допустимой погрешностью.

*Предельные размеры* — два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер.

*Наибольший предельный размер* — больший из двух предельных размеров.

*Наименьший предельный размер* — меньший из двух предельных размеров.

*Номинальный размер* — размер, который служит началом отсчета отклонения и относительно которого определяются предельные размеры. Его определяют исходя из функционального назначения детали или сборочной единицы путем расчета. Общий номинальный размер для отверстия и вала, составляющих соединение, называют *номинальным размером соединения*. Номинальные размеры указывают на чертежах деталей и сборочных единиц. Номинальный размер отверстия обозначают латинской прописной буквой *D*, вала — латинской строчной буквой *d*. Термин *отверстие* применяют для обозначения внутренних (охватываемых) элементов деталей, а термин *вал* — для наружных (охватываемых) элементов деталей.

Номинальные размеры, полученные расчетом, округляют так, чтобы они соответствовали значениям рядов нормальных линейных размеров, указанных в ГОСТ 6636—69. Ряды нормальных линейных размеров построены на основе предпочтительных чисел, представляющих собой десятичные ряды, геометрических прогрессий со знаменателями  $\phi : \sqrt[5]{10} \approx 1,6$  для ряда R5;  $\sqrt[10]{10} \approx 1,25$  для ряда R10;  $\sqrt[20]{10} \approx 1,12$  для ряда R20;  $\sqrt[40]{10} \approx 1,06$  для ряда R40. Полученные значения чисел округляют. При выборе предпочтение отдают ряду с более крупной градацией, т. е. ряд R5 следует предпочитать ряду R10, и т. д.

*Отклонение* — алгебраическая разность между размером (действительным, предельным и т. д.) и соответствующим номинальным размером.

*Действительное отклонение* — алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами.



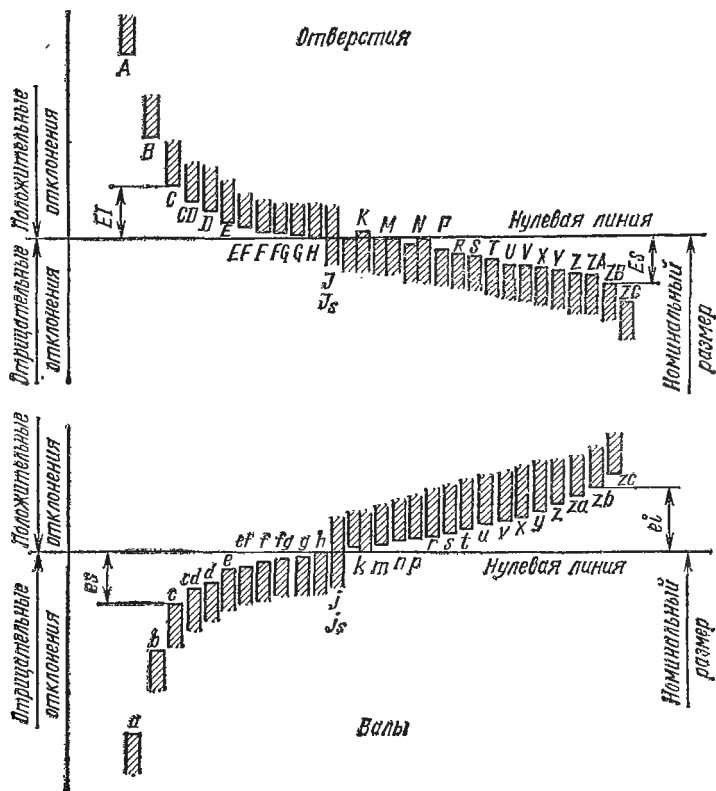


Рис. 2. Расположение полей допусков относительно нулевой линии для данного интервала диаметров

называют *основным отклонением*. В ЕСДП основным отклонением является отклонение поля допуска, ближайшее к нулевой линии. Это нижнее отклонение EI для отверстий от A до H или верхнее отклонение ES для отверстий от J до ZC; верхнее отклонение es для валов от a до h и нижнее отклонение ei для валов от j до zc (рис. 2).

*Отверстие*, нижнее отклонение которого равно нулю, называют *основным* и обозначают буквой H.

*Вал*, верхнее отклонение которого равно нулю, называют *основным* и обозначают буквой h.

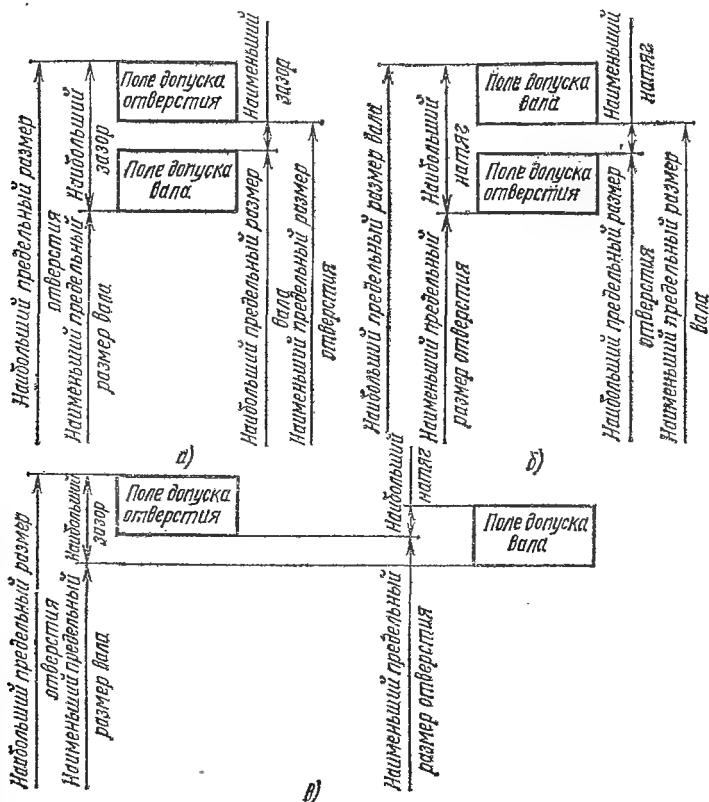


Рис. 3. Типы посадок:

а — с зазором; б — с натягом; в — переходная

**Посадка** — характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов. В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия и вала посадки бывают с зазором, натягом и переходные.

**Зазор** — разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала.

**Натяг** — разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия.

**Посадка с зазором** — посадка, при которой обеспечивается зазор в соединении (рис. 3, а). К этой группе отно-



сят также посадки, в которых нижняя граница поля допуска отверстия совпадает с верхней границей поля допуска вала. Для образования посадок с зазорами используют поля допусков  $a—h$  ( $A—H$ ).

*Посадка с натягом* — посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении (рис. 3, б). Для образования таких посадок используют поля допусков  $p—zc$  ( $P—ZC$ ).

*Переходная посадка* — посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга (рис. 3, в). При таких посадках поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью. Для образования переходных посадок обычно применяют поля допусков  $j—n$  ( $J—N$ ).

*Наибольший зазор* — разность между наибольшим предельным размером отверстия и наименьшим предельным размером вала ( $S_{\max} = D_{\max} - d_{\min}$ ) или алгебраическая разность между верхним отклонением отверстия и нижним отклонением вала ( $S_{\max} = ES - ei$ ) (рис. 3, а, в).

*Наименьший зазор* — разность между наименьшим предельным размером отверстия и наибольшим предельным размером вала ( $S_{\min} = D_{\min} - d_{\max}$ ) или алгебраическая разность между нижним отклонением отверстия и верхним отклонением вала ( $S_{\min} = EI - es$ ) (рис. 3, а).

*Допуск зазора (посадки)* — разность между наибольшим и наименьшим зазорами ( $T_S = S_{\max} - S_{\min}$ ) или сумма допусков отверстия и вала ( $T_S = T_D + T_d$ ).

*Наибольший натяг* — разность между наибольшим предельным размером вала и наименьшим предельным размером отверстия ( $N_{\max} = d_{\max} - D_{\min}$ ) или алгебраическая разность между верхним отклонением вала и нижним отклонением отверстия ( $N_{\max} = es - EI$ ) (рис. 3, б, в).

*Наименьший натяг* — разность между наименьшим предельным размером вала и наибольшим предельным размером отверстия ( $N_{\min} = d_{\min} - D_{\max}$ ) или алгебраическая разность между нижним отклонением вала и верхним отклонением отверстия ( $N_{\min} = ei - ES$ ) (рис. 3, б).

*Допуск натяга (посадки)* — разность между наибольшим и наименьшим натягами ( $T_N = N_{\max} - N_{\min}$ ) или сумма допусков вала и отверстия ( $T_N = T_d + T_D$ ).

*Системы образования посадок.* Различают две системы образования посадок: систему отверстия и систему вала.

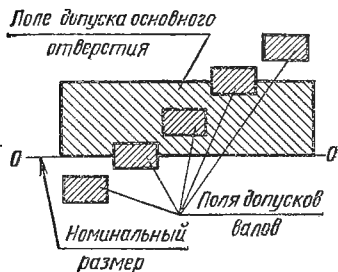


Рис. 4. Посадки в системе отверстия

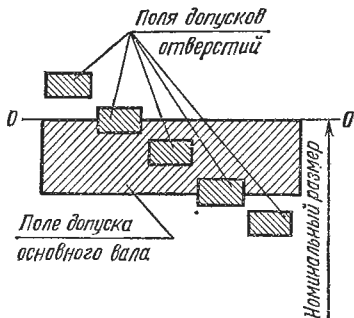


Рис. 5. Посадки в системе вала

**Посадки в системе отверстия** — посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с основным отверстием (рис. 4).

**Посадки в системе вала** — посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных отверстий с основным валом (рис. 5).

**Допуски и отклонения размеров гладких элементов деталей.** Допуск характеризует точность изготовления изделия. Чем меньше допуск, тем труднее изготавливать изделия; но с увеличением допуска, как правило, качество изделия ухудшается. Для нормирования точности изготовления изделий установлены степени точности — *квалитеты*. *Квалитет* — совокупность допусков, соответствующих одинаковой степени точности для всех номинальных размеров. ГОСТ 25346—82 установлено 19 квалитетов: 01, 0, 1, 2, 3, ..., 17. Самый точный — 01; самый грубый — 17 квалитет. Допуск квалитета обозначают латинскими прописными буквами IT и номером квалитета, например: IT5 — допуск 5-го квалитета и т. п. Допуски по квалитетам с IT01 до IT1 назначают на концевые меры длины; IT2—IT4 — на калибры и особо точные изделия; IT5 — IT12 — на сопрягаемые детали; IT13 — IT17 — для неотчетливых размеров несопрягаемых поверхностей деталей. В табл. 1 приведены числовые значения допусков для размеров до 500 мм.

Из всей совокупности полей допусков, которые могут быть получены различным сочетанием основных отклонений и допусков, ГОСТ 25347—82 установлен ограничи-

## 1. Значения допусков (в мкм) по ГОСТ 25346—82

| Интервалы размеров, мм | Квалитет |     |     |     |     |    |    |    |    |    |
|------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|
|                        | 01       | 0   | 1   | 2   | 3   | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
| До 3                   | 0,3      | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2   | 3  | 4  | 6  | 10 | 14 |
| Св. 3 до 6             | 0,4      | 0,6 | 1   | 1,5 | 2,5 | 4  | 5  | 8  | 12 | 18 |
| » 6 » 10               | 0,4      | 0,6 | 1   | 1,5 | 2,5 | 4  | 6  | 9  | 15 | 22 |
| » 10 » 18              | 0,5      | 0,8 | 1,2 | 2   | 3   | 5  | 8  | 11 | 18 | 27 |
| » 18 » 30              | 0,6      | 1   | 1,5 | 2,5 | 4   | 6  | 9  | 13 | 21 | 33 |
| » 30 » 50              | 0,6      | 1   | 1,5 | 2,5 | 4   | 7  | 11 | 16 | 25 | 39 |
| » 50 » 80              | 0,8      | 1,2 | 2   | 3   | 5   | 8  | 13 | 19 | 30 | 46 |
| » 80 » 120             | 1        | 1,5 | 2,5 | 4   | 6   | 10 | 15 | 22 | 35 | 54 |
| » 120 » 180            | 1,2      | 2   | 3,5 | 5   | 8   | 12 | 18 | 25 | 40 | 63 |
| » 180 » 250            | 2        | 3   | 4,5 | 7   | 10  | 14 | 20 | 29 | 46 | 72 |
| » 250 » 315            | 2,5      | 4   | 6   | 8   | 12  | 16 | 23 | 32 | 52 | 81 |
| » 315 » 400            | 3        | 5   | 7   | 9   | 13  | 18 | 25 | 36 | 57 | 89 |
| » 400 » 500            | 4        | 6   | 8   | 10  | 15  | 20 | 27 | 40 | 63 | 97 |

| Интервалы разме-<br>ров, мм | Квалитет |     |     |     |     |      |      |      |      |
|-----------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|                             | 9        | 10  | 11  | 12  | 13  | 14   | 15   | 16   | 17   |
| До 3                        | 25       | 40  | 60  | 100 | 140 | 250  | 400  | 600  | 1000 |
| Св. 3 до 6                  | 30       | 48  | 75  | 120 | 180 | 300  | 480  | 750  | 1200 |
| » 6 » 10                    | 36       | 58  | 90  | 150 | 220 | 360  | 580  | 900  | 1500 |
| » 10 » 18                   | 43       | 70  | 110 | 180 | 270 | 430  | 700  | 1100 | 1800 |
| » 18 » 30                   | 52       | 84  | 130 | 210 | 330 | 520  | 840  | 1300 | 2100 |
| » 30 » 50                   | 62       | 100 | 160 | 250 | 390 | 620  | 1000 | 1600 | 2500 |
| » 50 » 80                   | 74       | 120 | 190 | 300 | 460 | 740  | 1200 | 1900 | 3000 |
| » 80 » 120                  | 87       | 140 | 220 | 350 | 540 | 870  | 1400 | 2200 | 3500 |
| » 120 » 180                 | 100      | 160 | 250 | 400 | 630 | 1000 | 1600 | 2500 | 4000 |
| » 180 » 250                 | 115      | 185 | 290 | 460 | 720 | 1150 | 1850 | 2900 | 4600 |
| » 250 » 315                 | 130      | 210 | 320 | 520 | 810 | 1300 | 2100 | 3200 | 5200 |
| » 315 » 400                 | 140      | 230 | 360 | 570 | 890 | 1400 | 2300 | 3600 | 5700 |
| » 400 » 500                 | 155      | 250 | 400 | 630 | 970 | 1550 | 2500 | 4000 | 6300 |

Примечание. Для размеров до 1 мм квалитеты от 14-го до 17-го не применяют.

тельный отбор полей допусков. Для номинальных размеров 1—500 мм выделены поля допусков предпочтительного (первоочередного) применения (16 полей допусков для валов и 10 для отверстий). Предпочтительные поля допусков, верхние и нижние отклонения валов и отверстий с номинальными размерами 1—500 мм приведены в табл. 2 и 3.

Посадки назначают либо в системе отверстия (см. рис. 4), либо в системе вала (см. рис. 5). Применение системы отверстия предпочтительно. Для номинальных размеров 1—500 мм рекомендованы 69 посадок в систему отверстия и 61 посадка в системе вала. Предпочтительные (первоочередного применения) посадки приведены в табл. 4.

Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками устанавливает ГОСТ 25670—83, а поля допусков для деталей из пластмасс — ГОСТ 25349—82.

Размер, для которого указывают поле допуска, обозначают числом, за которым следует условное обозначение, состоящее из буквы (иногда из двух букв) и цифры (или двух цифр), обозначающей номер качества, например; 20g6; 20H8; 30h8; 30d11 и т. д.

В обозначении посадки указывают номинальный размер, общий для отверстия и вала (соединяемых элементов), за которым следуют обозначения полей допусков для каждого элемента, начиная с отверстия, например:  $50 \frac{H7}{p6}$ , или 50H7/p6, или 50H7—p6.

Предельные отклонения линейных размеров указывают одним из трех способов: 1) условными обозначениями полей допусков, например; 18H7; 12e8; 2) числовыми значениями предельных отклонений, например:  $18^{+0.018}$ ;  $12_{-0.059}^{-0.032}$ ; 3) условными обозначениями полей допусков с указанием справа в скобках числовых предельных отклонений, например: 12e8 ( $_{-0.059}^{-0.032}$ ).

Допуски на угловые размеры. Ряды нормальных углов и допуски углов регламентирует ГОСТ 8908—81. Стандарт устанавливает 17 степеней точности с расположением допусков углов (АТ) в плюсовую сторону (+АТ), в минусовую сторону (—АТ) или симметрично ( $\pm \frac{АТ}{2}$ ) относительно номинального угла. В обоснованных случаях раз-

2. Предпочтительные поля допусков валов  
по ГОСТ 25347—82. Предельные отклонения

| Номинальные размеры, мм | Предпочтительные поля допусков |          |                |           |            |            |             |              |
|-------------------------|--------------------------------|----------|----------------|-----------|------------|------------|-------------|--------------|
|                         | g6                             | h6       | $j_s^6$        | k6        | n6         | p6         | r6          | s6           |
|                         | Предельные отклонения, мкм     |          |                |           |            |            |             |              |
| От 1 до 3               | -2<br>-8                       | 0<br>-6  | +3<br>-3       | +6<br>0   | +10<br>+4  | +12<br>+6  | +16<br>+10  | +20<br>+14   |
| Св. 3 до 6              | -4<br>-12                      | 0<br>-8  | +4<br>-4       | +9<br>+1  | +16<br>+8  | +20<br>+12 | +23<br>+15  | +27<br>+19   |
| Св. 6 до 10             | -5<br>-14                      | 0<br>-9  | +4,5<br>-4,5   | +10<br>+1 | +19<br>+10 | +24<br>+15 | +28<br>+19  | +32<br>+23   |
| Св. 10 до 18            | -6<br>-17                      | 0<br>-11 | +5,5<br>-5,5   | +12<br>+1 | +23<br>+12 | +29<br>+18 | +34<br>+23  | +39<br>+28   |
| Св. 18 до 30            | -7<br>-20                      | 0<br>-13 | +6,5<br>-6,5   | +15<br>+2 | +28<br>+15 | +35<br>+22 | +41<br>+28  | +48<br>+35   |
| Св. 30 до 50            | -9<br>-25                      | 0<br>-16 | +8<br>-8       | +18<br>+2 | +33<br>+17 | +42<br>+26 | +50<br>+34  | +59<br>+43   |
| Св. 50 до 65            | -10<br>-29                     | 0<br>-19 | +9,5<br>-9,5   | +21<br>+2 | +39<br>+20 | +51<br>+32 | +60<br>+41  | +72<br>+53   |
| Св. 65 до 80            |                                |          |                |           |            |            | +62<br>+43  | +78<br>+59   |
| Св. 80 до 100           | -12<br>-34                     | 0<br>-22 | +11<br>-11     | +25<br>+3 | +45<br>+23 | +59<br>+37 | +73<br>+51  | +93<br>+71   |
| Св. 100 до 120          |                                |          |                |           |            |            | +76<br>+54  | +101<br>+79  |
| Св. 120 до 140          |                                |          |                |           |            |            | +88<br>+63  | +117<br>+92  |
| Св. 140 до 160          | -14<br>-39                     | 0<br>-25 | +12,5<br>-12,5 | +28<br>+3 | +52<br>+27 | +68<br>+43 | +90<br>+65  | +125<br>+100 |
| Св. 160 до 180          |                                |          |                |           |            |            | +93<br>+68  | +133<br>+108 |
| Св. 180 до 200          |                                |          |                |           |            |            | +106<br>+77 | +151<br>+122 |
| Св. 200 до 225          | -15<br>-44                     | 0<br>-29 | +14,5<br>-14,5 | +33<br>+4 | +60<br>+31 | +79<br>+50 | +109<br>+80 | +159<br>+130 |
| Св. 225 до 250          |                                |          |                |           |            |            | +113<br>+84 | +169<br>+140 |

Продолжение табл. 2

| Номинальные размеры, мм | Предпочтительные поля допусков |     |                  |     |      |      |      |      |
|-------------------------|--------------------------------|-----|------------------|-----|------|------|------|------|
|                         | g6                             | h6  | i <sub>s</sub> 6 | k6  | n6   | p6   | r6   | s6   |
|                         | Предельные отклонения, мкм     |     |                  |     |      |      |      |      |
| Св. 250 до 280          | -17                            | 0   | +16              | +36 | +66  | +88  | +125 | +190 |
|                         | -49                            | -32 | -16              | +4  | +34  | +56  | +94  | +158 |
| Св. 280 до 315          |                                |     |                  |     |      |      | +130 | +202 |
|                         |                                |     |                  |     |      |      | +98  | +170 |
| Св. 315 до 355          | -18                            | 0   | +18              | +40 | +73  | +98  | +144 | +226 |
|                         | -54                            | -36 | -18              | +4  | +37  | +62  | +108 | +190 |
| Св. 355 до 400          |                                |     |                  |     |      |      | +150 | +244 |
|                         |                                |     |                  |     |      |      | +114 | +208 |
| Св. 400 до 450          | -20                            | 0   | +20              | +45 | +80  | +108 | +166 | +272 |
|                         | -60                            | -40 | -20              | +5  | +40  | +68  | +126 | +232 |
| Св. 450 до 500          |                                |     |                  |     |      |      | +172 | +292 |
|                         |                                |     |                  |     |      |      | +132 | +252 |
| Номинальные размеры, мм | Предпочтительные поля допусков |     |                  |     |      |      |      |      |
|                         | f7                             | h7  | e8               | h8  | d9   | h9   | d11  | h11  |
|                         | Предельные отклонения, мкм     |     |                  |     |      |      |      |      |
| От 1 до 3               | -6                             | 0   | -14              | 0   | -20  | 0    | -20  | 0    |
|                         | -16                            | -10 | -28              | -14 | -45  | -25  | -80  | -60  |
| Св. 3 до 6              | -10                            | 0   | -20              | 0   | -30  | 0    | -30  | 0    |
|                         | -22                            | -12 | -38              | -18 | -60  | -30  | -105 | -75  |
| Св. 6 до 10             | -13                            | 0   | -25              | 0   | -40  | 0    | -40  | 0    |
|                         | -28                            | -15 | -47              | -22 | -76  | -36  | -130 | -90  |
| Св. 10 до 18            | -16                            | 0   | -32              | 0   | -50  | 0    | -50  | 0    |
|                         | -34                            | -18 | -59              | -27 | -93  | -43  | -160 | -110 |
| Св. 18 до 30            | -20                            | 0   | -40              | 0   | -65  | 0    | -65  | 0    |
|                         | -41                            | -21 | -73              | -33 | -117 | -52  | -195 | -130 |
| Св. 30 до 50            | -25                            | 0   | -50              | 0   | -80  | 0    | -80  | 0    |
|                         | -50                            | -25 | -89              | -39 | -142 | -62  | -240 | -160 |

Продолжение табл. 2

| Номинальные размеры, мм | Предпочтительные поля допусков |     |      |     |      |      |      |      |
|-------------------------|--------------------------------|-----|------|-----|------|------|------|------|
|                         | f7                             | h7  | e8   | h8  | d9   | h9   | d11  | h11  |
|                         | Предельные отклонения, мкм     |     |      |     |      |      |      |      |
| Св. 50 до 65            | —30                            | 0   | —60  | 0   | —100 | 0    | —100 | 0    |
| Св. 65 до 80            | —60                            | —30 | —106 | —46 | —174 | —74  | —290 | —190 |
| Св. 80 до 100           | —36                            | 0   | —72  | 0   | —120 | 0    | —120 | 0    |
| Св. 100 до 120          | —71                            | —35 | —126 | —54 | —207 | —87  | —340 | —220 |
| Св. 120 до 140          |                                |     |      |     |      |      |      |      |
| Св. 140 до 160          | —43                            | 0   | —85  | 0   | —145 | 0    | —145 | 0    |
| Св. 160 до 180          | —83                            | —40 | —148 | —63 | —245 | —100 | —395 | —250 |
| Св. 180 до 200          |                                |     |      |     |      |      |      |      |
| Св. 200 до 225          | —50                            | 0   | —100 | 0   | —170 | 0    | —170 | 0    |
| Св. 225 до 250          | —96                            | —46 | —172 | —72 | —285 | —115 | —460 | —290 |
| Св. 250 до 280          | —56                            | 0   | —110 | 0   | —190 | 0    | —190 | 0    |
| Св. 280 до 315          | —108                           | —52 | —91  | —81 | —320 | —130 | —510 | —320 |
| Св. 315 до 355          | —62                            | 0   | —125 | 0   | —210 | 0    | —210 | 0    |
| Св. 355 до 400          | —119                           | —57 | —214 | —89 | —350 | —140 | —570 | —360 |
| Св. 400 до 450          | —68                            | 0   | —135 | 0   | —230 | 0    | —230 | 0    |
| Св. 450 до 500          | —131                           | —63 | —232 | —97 | —385 | —155 | —630 | —400 |

### 3. Предпочтительные поля допусков отверстий по ГОСТ 25347—82. Предельные отклонения

| Номинальные<br>размеры, мм | Предпочтительные поля допусков |            |            |            |             |             |          |              |           |           |
|----------------------------|--------------------------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|----------|--------------|-----------|-----------|
|                            | H7                             | $J_{s7}$   | K7         | N7         | P7          | F8          | H8       | E9           | H9        | H11       |
|                            | Предельные отклонения, мкм     |            |            |            |             |             |          |              |           |           |
| От 1 до 3                  | +10<br>0                       | +5<br>-5   | 0<br>-10   | -4<br>-14  | -6<br>-16   | +20<br>+6   | +14<br>0 | +39<br>+14   | +25<br>0  | +60<br>0  |
| Св. 3 до 6                 | +12<br>0                       | +6<br>-6   | +3<br>-9   | -4<br>-16  | -8<br>-20   | +28<br>+10  | +18<br>0 | +50<br>+20   | +30<br>0  | +75<br>0  |
| Св. 6 до 10                | +15<br>0                       | +7<br>-7   | +5<br>-10  | -4<br>-19  | -9<br>-24   | +35<br>+13  | +22<br>0 | +61<br>+25   | +36<br>0  | +90<br>0  |
| Св. 10 до 18               | +18<br>0                       | +9<br>-9   | +6<br>-12  | -5<br>-23  | -11<br>-29  | +43<br>+16  | +27<br>0 | +75<br>+32   | +43<br>0  | +110<br>0 |
| Св. 18 до 30               | +21<br>0                       | +10<br>-10 | +6<br>-15  | -7<br>-28  | -14<br>-35  | +53<br>+20  | +33<br>0 | +92<br>+40   | +52<br>0  | +130<br>0 |
| Св. 30 до 50               | +25<br>0                       | +12<br>-12 | +7<br>-18  | -8<br>-33  | -17<br>-42  | +64<br>+25  | +39<br>0 | +112<br>+50  | +62<br>0  | +160<br>0 |
| Св. 50 до 80               | +30<br>0                       | +15<br>-15 | +9<br>-21  | -9<br>-39  | -21<br>-51  | +76<br>+30  | +46<br>0 | +134<br>+60  | +74<br>0  | +190<br>0 |
| Св. 80 до 120              | +35<br>0                       | +17<br>-17 | +10<br>-25 | -10<br>-45 | -24<br>-59  | +90<br>+36  | +54<br>0 | +159<br>+72  | +87<br>0  | +220<br>0 |
| Св. 120 до 180             | +40<br>0                       | +20<br>-20 | +12<br>-28 | -12<br>-52 | -28<br>-68  | +106<br>+43 | +63<br>0 | +185<br>+85  | +100<br>0 | +250<br>0 |
| Св. 180 до 250             | +46<br>0                       | +23<br>-23 | +13<br>-33 | -14<br>-60 | -33<br>-79  | +122<br>+50 | +72<br>0 | +215<br>+100 | +115<br>0 | +290<br>0 |
| Св. 250 до 315             | +52<br>0                       | +26<br>-26 | +16<br>-36 | -14<br>-66 | -36<br>-88  | +137<br>+56 | +81<br>0 | +240<br>+110 | +130<br>0 | +320<br>0 |
| Св. 315 до 400             | +57<br>0                       | +28<br>-28 | +17<br>-40 | -16<br>-73 | -41<br>-98  | +151<br>+62 | +89<br>0 | +265<br>+125 | +140<br>0 | +360<br>0 |
| Св. 400 до 500             | +63<br>0                       | +31<br>-31 | +18<br>-45 | -17<br>-80 | -45<br>-108 | +165<br>+68 | +97<br>0 | +290<br>+135 | +155<br>0 | +400<br>0 |



#### 4. Предпочтительные посадки по ГОСТ 25347—82 для номинальных размеров 1—500 мм

| Система отверстия                                       |                              |                           | Система вала                        |                              |                      |
|---------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|------------------------------|----------------------|
| Посадки с зазором                                       | Переход-<br>ные по-<br>садки | Посадки<br>с натя-<br>гом | Посадки<br>с зазором                | Переход-<br>ные по-<br>садки | Посадки<br>с натягом |
| $\frac{H7}{e8}$ ; $\frac{H7}{f7}$ ;                     | $\frac{H7}{js6}$             | $\frac{H7}{p6}$           | $\frac{F8}{h6}$ ; $\frac{H7}{h6}$   | $\frac{J_s7}{h6}$            | $\frac{P7}{h6}$      |
| $\frac{H7}{g6}$ ; $\frac{H7}{h6}$ ; $\frac{H8}{h7}$ ;   | $\frac{H7}{k6}$              | $\frac{H7}{r6}$           | $\frac{E9}{h8}$ ; $\frac{H8}{h7}$   | $\frac{K7}{h6}$              |                      |
| $\frac{H8}{e8}$ ; $\frac{H8}{h8}$ ; $\frac{H8}{d9}$ ;   | $\frac{H7}{n6}$              | $\frac{H7}{s6}$           | $\frac{H8}{h8}$ ; $\frac{H11}{h11}$ | $\frac{N7}{h6}$              |                      |
| $\frac{H9}{d9}$ ; $\frac{H11}{d11}$ ; $\frac{H11}{h11}$ |                              |                           |                                     |                              |                      |

решается иное расположение допуска угла. Допуск угла назначают как в угловых, так и в линейных единицах ( $AT_\alpha$ ,  $AT'_\alpha$ ,  $AT_h$ ,  $AT_D$ ). Допуск угла заданной степени точности обозначают указанными выше буквами и номером соответствующей степени точности, например  $AT_2$ ,  $AT_5$  и т. д. При необходимости допуски точнее 1-й степени точности (0; 01) получают последовательным делением допусков 1-й степени точности на коэффициент 1,6 ( $\varphi = 1,6$ , ряд R5).

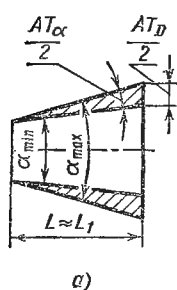
Допуски углов конусов с конусностью не более 1 : 3 назначают в зависимости от номинальной длины конуса  $L$  (рис. 6, а), а конусов с конусностью более 1 : 3 — в зависимости от длины образующей конуса  $L_1$  (рис. 6, б). Допуски углов призматических элементов деталей назначают в зависимости от номинальной длины меньшей стороны угла (рис. 7).

$AT_h$  — допуск угла, выраженный отрезком на перпендикуляре к стороне угла, противолежащего углу  $AT_\alpha$ , на расстоянии  $L_1$  от вершины этого угла (см. рис. 6, б):

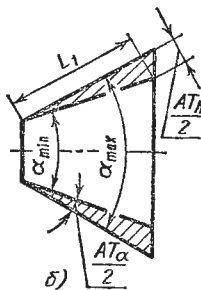
$$AT_h = 10^{-3} AT_\alpha L_1,$$

где  $AT_h$  в мкм;  $AT_\alpha$  в мкрад;  $L_1$  в мм.

$AT_D$  — допуск угла конуса, выраженный допуском на разность диаметров в двух нормальных к оси сечениях ко-



а)



б)

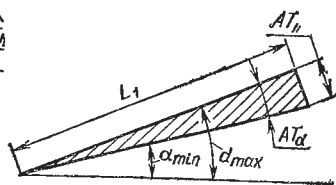


Рис. 6. Допуски углов конусов

Рис. 7. Допуски углов призматических элементов деталей

нуса на заданном расстоянии  $L$  между ними; определяется по перпендикуляру к оси конуса (см. рис. 6, а). Для конусов с конусностью  $C \leq 1:3$   $AT_D \approx AT_h$ , а для конусов с  $C > 1:3$

$$AT_D = \frac{AT_h}{\cos \alpha/2},$$

где  $\alpha$  — номинальный угол конуса.

Значения  $AT'_\alpha$ , полученные округлением точных значений  $AT_\alpha$ , рекомендуются для указания допусков на чертежах. Числовые значения допусков углов ( $AT_\alpha$  и  $AT'_\alpha$ ) приведены в табл. 5.

Допуски и посадки конических соединений регламентирует ГОСТ 25307—82.

Допуски и посадки крепежных метрических резьб. Основным параметром резьбового сопряжения является средний диаметр. Погрешности шага и половины угла профиля, влияющие на взаимозаменяемость, компенсируют изменением среднего диаметра. В связи с этим допуск на средний диаметр называют комплексным или суммарным. Этот допуск состоит из допустимых отклонений собственного среднего диаметра, а также диаметральных компенсаций погрешностей шага и половины угла профиля. Средний диаметр резьбы, увеличенный у болта и уменьшенный у гайки на суммарную диаметральною компенсацию погрешностей шага и половины профиля, называют приведенным средним диаметром  $d_{пр}$  ( $D_{пр}$ ).

Систему допусков для посадок с зазором устанавливает ГОСТ 16093—81; он распространяется на метрическую

5. Значения допусков углов (в числителе  $AT_{\alpha}$ , мкрад, в знаменателе  $AT'_{\alpha}$ , угл. ед.) по ГОСТ 8908—81

| Степень<br>точности | Интервал длин, мм     |                       |                       |                       |                       |                       |                      |                    |                      |                    |                    |                     |                      |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
|                     | До 10                 | Св. 10<br>до 16       | Св. 16<br>до 25       | Св. 25<br>до 40       | Св. 40<br>до 63       | Св. 63<br>до 100      | Св. 100<br>до 160    | Св. 160<br>до 250  | Св. 250<br>до 400    | Св. 400<br>до 630  | Св. 630<br>до 1000 | Св. 1000<br>до 1600 | Св. 1600<br>до 2500  |
| 1                   | $\frac{50}{10''}$     | $\frac{40}{8''}$      | $\frac{31,5}{6''}$    | $\frac{25}{5''}$      | $\frac{20}{4''}$      | $\frac{16}{3''}$      | $\frac{12,5}{2,5''}$ | $\frac{10}{2''}$   | $\frac{8}{1,5''}$    | $\frac{6,3}{1''}$  | —                  | —                   | —                    |
| 2                   | $\frac{80}{16''}$     | $\frac{63}{12''}$     | $\frac{50}{10''}$     | $\frac{40}{8''}$      | $\frac{31,5}{6''}$    | $\frac{25}{5''}$      | $\frac{20}{4''}$     | $\frac{16}{3''}$   | $\frac{12,5}{2,5''}$ | $\frac{10}{2''}$   | —                  | —                   | —                    |
| 3                   | $\frac{125}{26''}$    | $\frac{100}{20''}$    | $\frac{80}{16''}$     | $\frac{63}{12''}$     | $\frac{50}{10''}$     | $\frac{40}{8''}$      | $\frac{31,5}{6''}$   | $\frac{25}{5''}$   | $\frac{20}{4''}$     | $\frac{16}{3''}$   | —                  | —                   | —                    |
| 4                   | $\frac{200}{40''}$    | $\frac{160}{32''}$    | $\frac{125}{26''}$    | $\frac{100}{20''}$    | $\frac{80}{16''}$     | $\frac{63}{12''}$     | $\frac{50}{10''}$    | $\frac{40}{8''}$   | $\frac{31,5}{6''}$   | $\frac{25}{5''}$   | $\frac{20}{4''}$   | $\frac{16}{3''}$    | $\frac{12,5}{2,5''}$ |
| 5                   | $\frac{315}{1'}$      | $\frac{250}{50''}$    | $\frac{200}{40''}$    | $\frac{160}{32''}$    | $\frac{125}{26''}$    | $\frac{100}{20''}$    | $\frac{80}{16''}$    | $\frac{63}{12''}$  | $\frac{50}{10''}$    | $\frac{40}{8''}$   | $\frac{31,5}{6''}$ | $\frac{25}{5''}$    | $\frac{20}{4''}$     |
| 6                   | $\frac{500}{1' 40''}$ | $\frac{400}{1' 20''}$ | $\frac{315}{1'}$      | $\frac{250}{50''}$    | $\frac{200}{40''}$    | $\frac{160}{32''}$    | $\frac{125}{26''}$   | $\frac{100}{20''}$ | $\frac{80}{16''}$    | $\frac{63}{12''}$  | $\frac{50}{10''}$  | $\frac{40}{8''}$    | $\frac{31,5}{6''}$   |
| 7                   | $\frac{800}{2' 30''}$ | $\frac{630}{2'}$      | $\frac{500}{1' 40''}$ | $\frac{400}{1' 20''}$ | $\frac{315}{1'}$      | $\frac{250}{50''}$    | $\frac{200}{40''}$   | $\frac{160}{32''}$ | $\frac{125}{26''}$   | $\frac{100}{20''}$ | $\frac{80}{16''}$  | $\frac{63}{12''}$   | $\frac{50}{10''}$    |
| 8                   | $\frac{1250}{4'}$     | $\frac{1000}{3'}$     | $\frac{800}{2' 30''}$ | $\frac{630}{2'}$      | $\frac{500}{1' 40''}$ | $\frac{400}{1' 20''}$ | $\frac{315}{1'}$     | $\frac{250}{50''}$ | $\frac{200}{40''}$   | $\frac{160}{32''}$ | $\frac{125}{26''}$ | $\frac{100}{20''}$  | $\frac{80}{16''}$    |

| Степень<br>точности | Интервал длин, мм               |                                 |                             |                             |                             |                                 |                                 |                                 |                       |                       |                       |                       |                       |
|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                     | До 10                           | Св. 10<br>до 16                 | Св. 16<br>до 25             | Св. 25<br>до 40             | Св. 40<br>до 63             | Св. 63<br>до 100                | Св. 100<br>до 160               | Св. 160<br>до 250               | Св. 250<br>до 400     | Св. 400<br>до 630     | Св. 630<br>до 1000    | Св. 1000<br>до 1600   | Св. 1600<br>до 2500   |
| 9                   | $\frac{2000}{6'}$               | $\frac{1600}{5'}$               | $\frac{1250}{4'}$           | $\frac{1000}{3'}$           | $\frac{800}{2' 30''}$       | $\frac{630}{2'}$                | $\frac{500}{1' 40''}$           | $\frac{400}{1' 20''}$           | $\frac{315}{1'}$      | $\frac{250}{50''}$    | $\frac{200}{40''}$    | $\frac{160}{32''}$    | $\frac{125}{26''}$    |
| 10                  | $\frac{3150}{10'}$              | $\frac{2500}{8'}$               | $\frac{2000}{6}$            | $\frac{1600}{5'}$           | $\frac{1250}{4}$            | $\frac{1000}{3'}$               | $\frac{800}{2' 30''}$           | $\frac{630}{2'}$                | $\frac{500}{1' 40''}$ | $\frac{400}{1' 20''}$ | $\frac{315}{1'}$      | $\frac{250}{50''}$    | $\frac{200}{40''}$    |
| 11                  | $\frac{5000}{16}$               | $\frac{4000}{12}$               | $\frac{3150}{10'}$          | $\frac{2500}{8'}$           | $\frac{2000}{6}$            | $\frac{1600}{5'}$               | $\frac{1250}{4'}$               | $\frac{1000}{3'}$               | $\frac{800}{2' 30''}$ | $\frac{630}{2'}$      | $\frac{500}{1' 40''}$ | $\frac{400}{1' 20''}$ | $\frac{315}{1}$       |
| 12                  | $\frac{8000}{26'}$              | $\frac{6300}{20'}$              | $\frac{5000}{16'}$          | $\frac{4000}{12'}$          | $\frac{3150}{10'}$          | $\frac{2500}{8}$                | $\frac{2000}{6'}$               | $\frac{1600}{5'}$               | $\frac{1250}{4'}$     | $\frac{1000}{3'}$     | $\frac{800}{2' 30''}$ | $\frac{630}{2'}$      | $\frac{500}{1' 40''}$ |
| 13                  | $\frac{12\ 500}{40'}$           | $\frac{10\ 000}{32'}$           | $\frac{8000}{26'}$          | $\frac{6300}{20'}$          | $\frac{5000}{16'}$          | $\frac{4000}{12'}$              | $\frac{3150}{10'}$              | $\frac{2500}{8'}$               | $\frac{2000}{6'}$     | $\frac{1600}{5'}$     | $\frac{1250}{4'}$     | $\frac{1000}{3'}$     | $\frac{800}{2' 30''}$ |
| 14                  | $\frac{20\ 000}{1^{\circ}}$     | $\frac{16\ 000}{50'}$           | $\frac{12\ 500}{40'}$       | $\frac{10\ 000}{32'}$       | $\frac{8000}{26'}$          | $\frac{6300}{20'}$              | $\frac{5000}{16'}$              | $\frac{4000}{12}$               | $\frac{3150}{10'}$    | $\frac{2500}{8'}$     | $\frac{2000}{6'}$     | $\frac{1600}{5'}$     | $\frac{1250}{4'}$     |
| 15                  | $\frac{31\ 500}{1^{\circ} 40'}$ | $\frac{25\ 000}{1^{\circ} 20'}$ | $\frac{20\ 000}{1^{\circ}}$ | $\frac{16\ 000}{50'}$       | $\frac{12\ 500}{40'}$       | $\frac{10\ 000}{32'}$           | $\frac{8000}{26'}$              | $\frac{6300}{20'}$              | $\frac{5000}{16'}$    | $\frac{4000}{12'}$    | $\frac{3150}{10'}$    | $\frac{2500}{8'}$     | $\frac{2000}{6'}$     |
| 16                  | $\frac{50\ 000}{2^{\circ}}$     | $\frac{40\ 000}{2^{\circ}}$     | $\frac{31\ 500}{1^{\circ}}$ | $\frac{25\ 000}{1^{\circ}}$ | $\frac{20\ 000}{1^{\circ}}$ | $\frac{16\ 000}{40'}$           | $\frac{12\ 500}{40'}$           | $\frac{10\ 000}{40'}$           | $\frac{8000}{20'}$    | $\frac{6300}{20'}$    | $\frac{5000}{20'}$    | $\frac{4000}{10'}$    | $\frac{3150}{10'}$    |
| 17                  | $\frac{80\ 000}{4^{\circ}}$     | $\frac{63\ 000}{4^{\circ}}$     | $\frac{50\ 000}{2^{\circ}}$ | $\frac{40\ 000}{2^{\circ}}$ | $\frac{31\ 500}{2^{\circ}}$ | $\frac{25\ 000}{1^{\circ} 20'}$ | $\frac{20\ 000}{1^{\circ} 20'}$ | $\frac{16\ 000}{1^{\circ} 20'}$ | $\frac{12\ 500}{40'}$ | $\frac{10\ 000}{40'}$ | $\frac{8000}{40'}$    | $\frac{6300}{20'}$    | $\frac{5000}{20'}$    |

## 6. Степень точности диаметров резьбы по ГОСТ 16093—81

| Резьба     | Диаметр резьбы | Степень точности          |
|------------|----------------|---------------------------|
| Наружная   | Наружный       | 4; 6; 8                   |
|            | Средний        | 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10 * |
| Внутренняя | Внутренний     | 4; 5; 6; 7; 8             |
|            | Средний        | 4; 5; 6; 7; 8; 9 *        |

\* Только для резьб на деталях из пластмасс.

резьбу с профилем по ГОСТ 9150—81, с диаметрами 1—600 мм по ГОСТ 8724—81 и ГОСТ 16967—81, основными размерами по ГОСТ 24705—81 и ГОСТ 24706—81. Допусками ограничивают средний ( $d_2$ ) и наружный ( $d$ ) диаметры болта и средний ( $D_2$ ) и внутренний ( $D_1$ ) диаметры гайки. Допуски устанавливаются по степеням точности, обозначаемыми цифрами (табл. 6).

Схемы расположения полей допусков наружной и внутренней резьбы приведены на рис. 8 и 9. Отклонения отсчитывают от номинального профиля резьбы, показанного на рис. 8 и 9 утолщенной линией, в направлении, перпендикулярном оси резьбы. Расположение полей допусков резьбы относительно номинального профиля определяют основным отклонением (верхним  $es$  для наружной резьбы и нижним  $ei$  — для внутренней) и обозначают буквами латинского алфавита. Положение поля допуска среднего диаметра  $d_2$  и наружного диаметра  $d$  наружной резьбы обозначают буквами  $h, g, f, e, d$ ; положение поля допуска среднего  $D_2$  и внутреннего  $D_1$  диаметров — буквами  $H, G, F, E$ . Верхнее отклонение диаметра  $d_1$  соответствует основному отклонению диаметра  $d_2$ ; нижнее отклонение диаметра  $D$  соответствует основному отклонению диаметра  $D_2$ . Основные отклонения  $E$  и  $F$  установлены только для специального применения при значительных толщинах слоя защитного покрытия.

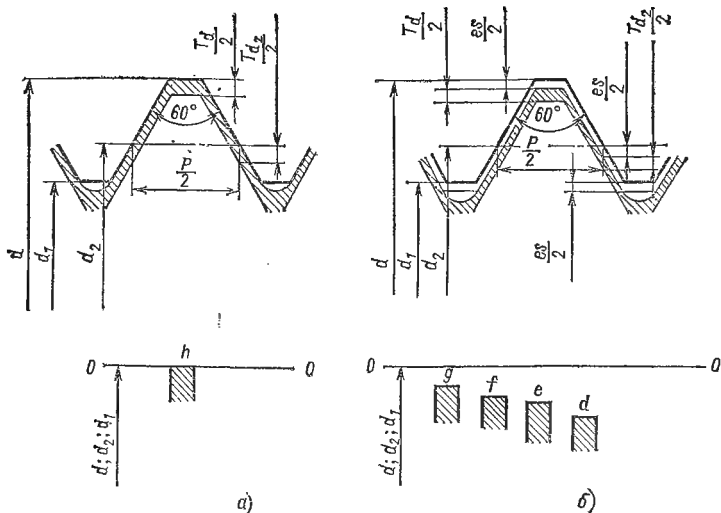


Рис. 8. Схемы расположения полей допусков наружной резьбы (болтов) с основными отклонениями:

$a \rightarrow h$ ;  $b \rightarrow d, e, f, g$ ;  $T_d$  и  $T_{d_2}$  — соответственно допуски наружного диаметра  $d$  и среднего диаметра  $d_2$ ;  $es$  — верхнее отклонение диаметров

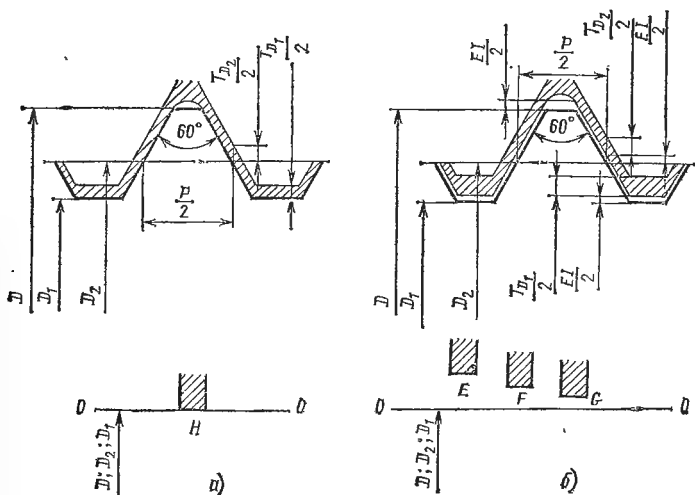


Рис. 9. Схемы расположения полей допусков внутренней резьбы (гаёк) с основными отклонениями:

$a = H$ ;  $b = E, F, G$ ;  $T_{D_1}$  и  $T_{D_2}$  — соответственно допуски внутреннего диаметра  $D_1$  и среднего диаметра  $D_2$

## 7. Поля допусков резьб по ГОСТ 16093—81

| Класс<br>точности | Длина свинчивания   |                                                                   |                      |
|-------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------|
|                   | <i>S</i> (короткие) | <i>N</i> (нормальные)                                             | <i>L</i> (длинные)   |
|                   | Поля допусков       |                                                                   |                      |
| Наружная резьба   |                     |                                                                   |                      |
| Точный            | (3h4h)              | 4g; 4h                                                            | (5h4h)               |
| Средний           | 5g6g; 5h6h          | 6d; 6e; 6f; <span style="border: 1px solid black;">6g</span> ; 6h | (7e6e); 7g6g; (7h6h) |
| Грубый            | —                   | 8g; (8h)                                                          | (9g8g)               |
| Внутренняя резьба |                     |                                                                   |                      |
| Точный            | 4H                  | 4H5H; 5H                                                          | 6H                   |
| Средний           | (5G); 5H            | 6G; <span style="border: 1px solid black;">6H</span>              | (7G); 7H             |
| Грубый            | —                   | 7G; 7H                                                            | (8G); 8H             |

Примечания: 1. Рамкой обведены поля допусков предпочтительного применения.

2. Поля допусков, указанные в скобках, применять не рекомендуется.

3. Поле допуска 8h только для резьб с шагом  $P \geq 0,8$  мм; для резьб с шагом  $P < 0,8$  мм применяют поле допуска 8h6h.

4. В обоснованных случаях разрешается применять поля допусков резьб, образованные иными сочетаниями указанных в таблице полей допусков, например: 4h6h; 8h6h; 7H6H.

5. При длинах свинчивания *S* и *L* допускается применять поля допусков, установленные для длин свинчивания *N*.

Сочетанием основного отклонения и допуска, определяемого степенью точности, образуют поле допуска диаметра резьбы. Обозначение этого поля состоит из цифры, показывающей степень точности, и буквы, обозначающей основное отклонение, например; 6h; 6H; 6g и т. д. Обозначение поля допуска резьбы в целом состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра, помещаемого на первом месте, и обозначения поля допуска наружного диаметра  $D_1$  для наружной резьбы и внутреннего диаметра  $D_1$  для внутренней резьбы, например: 7h6h; 5H6H; 4H5H; 7g6g и т. п. Если степени точности и основные отклонения по обоим диаметрам резьбы одинаковы, то они в обозначении поля допуска не повторяются, например: 5H; 6H; 4g и т. д. Обозначение поля допуска резьбы ставят

после обозначения ее размера, например: наружная резьба с крупным шагом M12-6g, с мелким шагом M12×1-6g; внутренняя резьба с крупным шагом M12-6H, с мелким шагом M12×1-6H; наружная левая резьба с мелким шагом M12×1LH-6g и т. п.

Посадки резьбовых деталей обозначают дробью; в числителе последней указывают обозначение поля допуска внутренней резьбы, в знаменателе — обозначение поля допуска внутренней резьбы, в знаменателе — обозначение поля допуска наружной резьбы, например; M12-6H/6g; M12×1-6H/6g и т. п.

Стандарт устанавливает три класса точности полей допусков наружной и внутренней резьбы: точный, средний и грубый (табл. 7). Поля допусков, приведенные в табл. 7, являются ограничительным отбором из всей совокупности полей допусков, которые могут быть получены различным сочетанием степеней точности и основных отклонений. Поля допусков, не предусмотренные в указанной таблице, являются специальными. Их можно применять только в технически и экономически обоснованных случаях. В посадках разрешаются любые сочетания полей допусков наружной и внутренней резьбы, которые установлены стандартом.

При назначении степени точности резьбы учитывают длину свинчивания. Установлены три группы длин свинчивания: *S* — малые, *N* — нормальные, *L* — большие. К группе *S* относят длину свинчивания до  $2,24P d^{0,2}$ , к группе *N* — длины от  $2,24P d^{0,2}$  до  $6,7P d^{0,2}$  и к группе *L* — длины свыше  $6,7P d^{0,2}$ . Для длин свинчивания группы *S* «грубый» класс точности не применяют. При одном и том же классе точности допуск среднего диаметра для длин свинчивания *S* уменьшают, а для длин *L* увеличивают на одну степень по сравнению с допусками, установленными для нормальных длин свинчивания.

При необходимости длину свинчивания указывают в обозначении резьбы в следующих случаях: 1) если она относится к группе *L*; 2) если она относится к группе *S*, но меньше, чем вся длина резьбы. Например, резьбу с длиной свинчивания 30 мм, отличающейся от нормальной, обозначают: M12-7g6g-30.

В табл. 8 приведены числовые значения основных отклонений диаметров наружной и внутренней резьбы,



### 8. Основные отклонения диаметров наружной и внутренней резьбы по ГОСТ 16093—81

| Шаг<br><i>P</i> ,<br>мм | Диаметр на-<br>ружной резьбы     |          |          |          |          | Диаметр<br>внут-<br>ренней<br>резьбы          |          | Шаг<br><i>P</i> ,<br>мм | Диаметр на-<br>ружной резьбы     |          |                          |          |          | Диаметр<br>внут-<br>ренней<br>резьбы          |          |  |  |  |  |  |  |
|-------------------------|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------------------------------------------|----------|-------------------------|----------------------------------|----------|--------------------------|----------|----------|-----------------------------------------------|----------|--|--|--|--|--|--|
|                         | <i>d</i> , <i>d</i> <sub>2</sub> |          |          |          |          | <i>D</i> <sub>1</sub> , <i>D</i> <sub>2</sub> |          |                         | <i>d</i> , <i>d</i> <sub>2</sub> |          |                          |          |          | <i>D</i> <sub>1</sub> , <i>D</i> <sub>2</sub> |          |  |  |  |  |  |  |
|                         | Основные отклонения, мкм         |          |          |          |          |                                               |          |                         |                                  |          | Основные отклонения, мкм |          |          |                                               |          |  |  |  |  |  |  |
|                         | es (—)                           |          |          |          |          | EI (+)                                        |          |                         | es (—)                           |          |                          |          |          | EI (+)                                        |          |  |  |  |  |  |  |
|                         | <i>d</i>                         | <i>e</i> | <i>f</i> | <i>g</i> | <i>h</i> | <i>G</i>                                      | <i>H</i> |                         | <i>d</i>                         | <i>e</i> | <i>f</i>                 | <i>g</i> | <i>h</i> | <i>G</i>                                      | <i>H</i> |  |  |  |  |  |  |
| 0,2                     | —                                | —        | 32       | 17       |          | 17                                            |          | 1,25                    | 95                               | 63       | 42                       | 28       |          | 28                                            |          |  |  |  |  |  |  |
| 0,25                    | —                                | —        | 33       | 18       | 0        | 18                                            | 0        | 1,50                    | 95                               | 67       | 45                       | 32       | 0        | 32                                            | 0        |  |  |  |  |  |  |
| 0,3                     | —                                | —        | 33       | 18       |          | 18                                            |          | 1,75                    | 100                              | 71       | 48                       | 34       |          | 34                                            |          |  |  |  |  |  |  |
| 0,35                    | —                                | —        | 34       | 19       |          | 19                                            |          | 2                       | 100                              | 71       | 52                       | 38       |          | 38                                            |          |  |  |  |  |  |  |
| 0,4                     | —                                | —        | 34       | 19       | 0        | 19                                            | 0        | 2,5                     | 106                              | 80       | 58                       | 42       | 0        | 42                                            | 0        |  |  |  |  |  |  |
| 0,45                    | —                                | —        | 35       | 20       |          | 20                                            |          | 3                       | 112                              | 85       | 63                       | 48       |          | 48                                            |          |  |  |  |  |  |  |
| 0,5                     | —                                | 50       | 36       | 20       |          | 20                                            |          | 3,5                     | 118                              | 90       | —                        | 53       |          | 53                                            |          |  |  |  |  |  |  |
| 0,6                     | —                                | 53       | 36       | 21       | 0        | 21                                            | 0        | 4                       | 125                              | 95       | —                        | 60       | 0        | 60                                            | 0        |  |  |  |  |  |  |
| 0,7                     | —                                | 56       | 38       | 22       |          | 22                                            |          | 4,5                     | 132                              | 100      | —                        | 63       |          | 63                                            |          |  |  |  |  |  |  |
| 0,75                    | —                                | 56       | 38       | 22       |          | 22                                            |          | 5                       | 132                              | 106      | —                        | 71       |          | 71                                            |          |  |  |  |  |  |  |
| 0,80                    | —                                | 60       | 38       | 24       | 0        | 24                                            | 0        | 5,5                     | 140                              | 112      | —                        | 75       | 0        | 75                                            | 0        |  |  |  |  |  |  |
| 1                       | 90                               | 60       | 40       | 26       |          | 26                                            |          | 6                       | 150                              | 118      | —                        | 80       |          | 80                                            |          |  |  |  |  |  |  |

### 9. Допуски (в мкм) среднего диаметра наружной и внутренней резьбы по ГОСТ 16093—81

| Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм | Шаг $P$ , мм | Степень точности          |    |    |    |    |     |                             |    |    |    |   |   |
|-------------------------------------|--------------|---------------------------|----|----|----|----|-----|-----------------------------|----|----|----|---|---|
|                                     |              | 3                         | 4  | 5  | 6  | 7  | 8   | 9                           | 4  | 5  | 6  | 7 | 8 |
|                                     |              | $T_{d_2}$ наружной резьбы |    |    |    |    |     | $T_{D_2}$ внутренней резьбы |    |    |    |   |   |
| От 1 до 1,4                         | 0,2          | 24                        | 30 | 38 | 48 | 60 | 75  | —                           | 40 | 50 | 63 | — | — |
|                                     | 0,25         | 26                        | 34 | 42 | 53 | 67 | 85  | —                           | 45 | 56 | 71 | — | — |
|                                     | 0,3          | 28                        | 36 | 45 | 56 | 71 | 90  | —                           | 48 | 60 | 75 | — | — |
| Св. 1,4 до 2,8                      | 0,2          | 25                        | 32 | 40 | 50 | 63 | 80  | —                           | 42 | 53 | 67 | — | — |
|                                     | 0,25         | 28                        | 36 | 45 | 56 | 71 | 90  | —                           | 48 | 60 | 75 | — | — |
|                                     | 0,35         | 32                        | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | —                           | 53 | 67 | 85 | — | — |
|                                     | 0,4          | 34                        | 42 | 53 | 67 | 85 | 106 | —                           | 56 | 71 | 90 | — | — |
|                                     | 0,45         | 36                        | 45 | 56 | 71 | 90 | 112 | —                           | 60 | 75 | 95 | — | — |

Продолжение табл. 9

| Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм | Шаг $P$ , мм | Степень точности          |     |     |     |     |     |                             |     |     |     |     |     |
|-------------------------------------|--------------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                     |              | 3                         | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9                           | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   |
|                                     |              | $T_{D_2}$ наружной резьбы |     |     |     |     |     | $T_{D_2}$ внутренней резьбы |     |     |     |     |     |
| Св. 2,8 до 5,6                      | 0,25         | 28                        | 36  | 45  | 56  | 71  | —   | —                           | 48  | 60  | 75  | —   | —   |
|                                     | 0,35         | 34                        | 42  | 53  | 67  | 85  | 106 | —                           | 56  | 71  | 90  | —   | —   |
|                                     | 0,5          | 38                        | 48  | 60  | 75  | 95  | 118 | —                           | 63  | 80  | 100 | 125 | —   |
|                                     | 0,6          | 42                        | 53  | 67  | 85  | 106 | 132 | —                           | 71  | 90  | 112 | 140 | —   |
|                                     | 0,7          | 45                        | 56  | 71  | 90  | 112 | 140 | —                           | 75  | 95  | 118 | 150 | —   |
|                                     | 0,75         | 45                        | 56  | 71  | 90  | 112 | 140 | —                           | 75  | 95  | 118 | 150 | —   |
|                                     | 0,8          | 48                        | 60  | 75  | 95  | 118 | 150 | 190                         | 80  | 100 | 125 | 160 | 200 |
| Св. 5,6 до 11,2                     | 0,25         | 32                        | 40  | 50  | 63  | 80  | —   | —                           | 53  | 67  | 85  | —   | —   |
|                                     | 0,35         | 36                        | 45  | 56  | 71  | 90  | —   | —                           | 60  | 75  | 95  | —   | —   |
|                                     | 0,5          | 42                        | 53  | 67  | 85  | 106 | 132 | —                           | 71  | 90  | 112 | 140 | —   |
|                                     | 0,75         | 50                        | 63  | 80  | 100 | 125 | 160 | —                           | 85  | 106 | 132 | 170 | —   |
|                                     | 1            | 56                        | 71  | 90  | 112 | 140 | 180 | 224                         | 95  | 118 | 150 | 190 | 236 |
|                                     | 1,25         | 60                        | 75  | 95  | 118 | 150 | 190 | 236                         | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 |
|                                     | 1,5          | 67                        | 85  | 106 | 132 | 170 | 212 | 265                         | 112 | 140 | 180 | 224 | 280 |
| Св. 11,2 до 22,4                    | 0,35         | 38                        | 48  | 60  | 75  | 95  | —   | —                           | 63  | 80  | 100 | —   | —   |
|                                     | 0,5          | 45                        | 56  | 71  | 90  | 112 | 140 | —                           | 75  | 95  | 118 | 150 | —   |
|                                     | 0,75         | 53                        | 67  | 85  | 106 | 132 | 170 | —                           | 90  | 112 | 140 | 180 | —   |
|                                     | 1            | 60                        | 75  | 95  | 118 | 150 | 190 | 236                         | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 |
|                                     | 1,25         | 67                        | 85  | 106 | 132 | 170 | 212 | 265                         | 112 | 140 | 180 | 224 | 280 |
|                                     | 1,5          | 71                        | 90  | 112 | 140 | 180 | 224 | 280                         | 118 | 150 | 190 | 236 | 300 |
|                                     | 1,75         | 75                        | 95  | 118 | 150 | 190 | 236 | 300                         | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 |
|                                     | 2            | 80                        | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315                         | 132 | 170 | 212 | 265 | 335 |
|                                     | 2,5          | 85                        | 106 | 132 | 170 | 212 | 265 | 335                         | 140 | 180 | 224 | 280 | 355 |
| Св. 22,4 до 45                      | 0,5          | 48                        | 60  | 75  | 95  | 118 | —   | —                           | 80  | 100 | 125 | —   | —   |
|                                     | 0,75         | 56                        | 71  | 90  | 112 | 140 | 180 | —                           | 95  | 118 | 150 | 190 | —   |
|                                     | 1            | 63                        | 80  | 100 | 125 | 160 | 200 | 250                         | 106 | 132 | 170 | 212 | 265 |
|                                     | 1,5          | 75                        | 95  | 118 | 150 | 190 | 236 | 300                         | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 |
|                                     | 2            | 85                        | 106 | 132 | 170 | 212 | 265 | 335                         | 140 | 180 | 224 | 280 | 355 |
|                                     | 3            | 100                       | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400                         | 170 | 212 | 265 | 335 | 425 |
|                                     | 3,5          | 106                       | 132 | 170 | 212 | 265 | 335 | 425                         | 180 | 224 | 280 | 355 | 450 |
|                                     | 4            | 112                       | 140 | 180 | 224 | 280 | 355 | 450                         | 190 | 236 | 300 | 375 | 475 |
|                                     | 3,5          | 118                       | 150 | 190 | 236 | 300 | 375 | 475                         | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 |
| Св. 45 до 90                        | 0,5          | 50                        | 63  | 80  | 100 | 125 | —   | —                           | 85  | 106 | 132 | —   | —   |
|                                     | 0,75         | 60                        | 75  | 95  | 118 | 150 | —   | —                           | 100 | 125 | 160 | —   | —   |
|                                     | 1            | 71                        | 90  | 112 | 140 | 180 | 224 | 280                         | 118 | 150 | 190 | 236 | 300 |
|                                     | 1,5          | 80                        | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315                         | 132 | 170 | 213 | 265 | 335 |
|                                     | 2            | 90                        | 112 | 140 | 180 | 224 | 280 | 355                         | 150 | 190 | 236 | 300 | 375 |
|                                     | 3            | 106                       | 132 | 170 | 212 | 265 | 335 | 425                         | 180 | 224 | 280 | 355 | 450 |
|                                     | 4            | 118                       | 150 | 190 | 236 | 300 | 375 | 475                         | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 |
|                                     | 5            | 125                       | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500                         | 212 | 265 | 335 | 425 | 530 |
|                                     | 5,5          | 132                       | 170 | 212 | 265 | 335 | 425 | 530                         | 224 | 280 | 355 | 450 | 560 |
|                                     | 6            | 140                       | 180 | 224 | 280 | 355 | 450 | 560                         | 236 | 300 | 375 | 475 | 600 |

10. Допуски (в мкм) наружного диаметра наружной резьбы и внутреннего диаметра внутренней резьбы по ГОСТ 16093—81

| Шаг<br>$P$ , мм | Степень точности      |     |     |                             |     |     |      |      |
|-----------------|-----------------------|-----|-----|-----------------------------|-----|-----|------|------|
|                 | 4                     | 6   | 8   | 4                           | 5   | 6   | 7    | 8    |
|                 | $T_d$ наружной резьбы |     |     | $T_{D_1}$ внутренней резьбы |     |     |      |      |
| 0,2             | 36                    | 56  | —   | 38                          | 48  | 60  | —    | —    |
| 0,25            | 42                    | 67  | —   | 45                          | 56  | 71  | —    | —    |
| 0,3             | 48                    | 75  | —   | 53                          | 67  | 85  | —    | —    |
| 0,35            | 53                    | 85  | —   | 63                          | 80  | 100 | —    | —    |
| 0,4             | 60                    | 95  | —   | 71                          | 90  | 112 | —    | —    |
| 0,45            | 63                    | 100 | —   | 80                          | 100 | 125 | —    | —    |
| 0,5             | 67                    | 106 | —   | 90                          | 112 | 140 | 180  | —    |
| 0,6             | 80                    | 125 | —   | 100                         | 125 | 160 | 200  | —    |
| 0,7             | 90                    | 140 | —   | 112                         | 140 | 180 | 224  | —    |
| 0,75            | 90                    | 140 | —   | 118                         | 150 | 190 | 236  | —    |
| 0,8             | 95                    | 150 | 236 | 125                         | 160 | 200 | 250  | 315  |
| 1               | 112                   | 180 | 280 | 150                         | 190 | 236 | 300  | 375  |
| 1,25            | 132                   | 212 | 335 | 170                         | 212 | 265 | 335  | 425  |
| 1,5             | 150                   | 236 | 375 | 190                         | 236 | 300 | 375  | 475  |
| 1,75            | 170                   | 265 | 425 | 212                         | 265 | 335 | 425  | 530  |
| 2               | 180                   | 280 | 450 | 236                         | 300 | 375 | 475  | 600  |
| 2,5             | 212                   | 335 | 530 | 280                         | 355 | 450 | 560  | 710  |
| 3               | 236                   | 375 | 600 | 315                         | 400 | 500 | 630  | 800  |
| 3,5             | 265                   | 425 | 670 | 355                         | 450 | 560 | 710  | 900  |
| 4               | 300                   | 475 | 750 | 375                         | 475 | 600 | 750  | 950  |
| 4,5             | 315                   | 500 | 800 | 425                         | 530 | 670 | 850  | 1060 |
| 5               | 335                   | 530 | 850 | 450                         | 560 | 710 | 900  | 1120 |
| 5,5             | 355                   | 560 | 900 | 475                         | 600 | 750 | 950  | 1180 |
| 6               | 375                   | 600 | 950 | 500                         | 630 | 800 | 1000 | 1250 |

в табл. 9 допуски  $T_{d_2}$  и  $T_{D_2}$ , а в табл. 10 — допуски  $T_d$  и  $T_{D_1}$ . Нижнее отклонение ( $ei$ ) наружной резьбы для диаметров  $d_2$ ,  $d$  и верхнее отклонение ( $ES$ ) внутренней резьбы для диаметров  $D_2$ ,  $D_1$  подсчитывают по формулам:

$$ei_{d_2}(d) = es_{d_2}(d) - T_{d_2}(d);$$

$$ES_{D_2}(D_1) = EI_{D_2}(D_1) + T_{D_2}(D_1).$$

Допуски шпоночных соединений. В конструкциях машин наибольшее распространение имеют призматические

шпонки, допуски и посадки которых стандартизованы ГОСТ 23360—78 и ГОСТ 10748—79. Стандарты регламентируют поля допусков на ширину  $b$  шпонок, пазов валов и пазов втулок. Посадку шпонки осуществляют по ширине  $b$  в системе вала. Характер посадки обеспечивают изменением предельных отклонений пазов.

Поля допусков ширин шпонки и паза приведены в табл. 11. По другим размерам шпонки и пазов предусмотрены поля допусков по более грубым квалитетам: 1) высота шпонки по  $h11$ ; 2) длина шпонки по  $h14$ ; 3) глубина паза вала и втулки по  $H15$ ; 4) длина шпоночного паза по  $H15$ .

## ОТКЛОНЕНИЯ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

*Под отклонением формы* по ГОСТ 24642—81 понимается отклонение формы реальной поверхности или реального профиля от формы номинальной поверхности или номинального профиля.

Отклонения формы отсчитывают от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающей поверхности (профиля) по нормали к прилегающей поверхности (профилю). Основные виды прилегающих поверхностей и профилей приведены в табл. 12; основные виды отклонений формы приведены в табл. 13. Количественно отклонение формы оценивается наибольшим расстоянием от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающей поверхности (профиля) по нормали к прилегающей поверхности (профилю).

*Допуск формы* — наибольшее допускаемое значение отклонения формы.

*Поле допуска формы* — область в пространстве или на плоскости, внутри которой должны находиться все точки реального рассматриваемого элемента в пределах нормируемого участка. Ширина или диаметр поля допуска определяются значением допуска, а расположение относительно реальной поверхности определяется прилегающим элементом.

*Под отклонением расположения* понимается отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его номинального расположения. При оценке отклонений расположения отклонения формы рассматриваемых и базовых элементов исключаются. При этом реальные

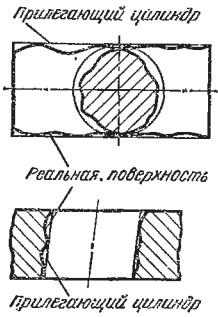
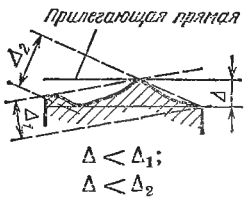
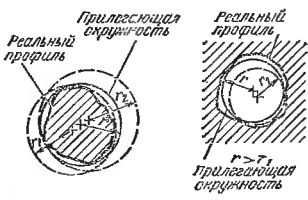
11. Поля допусков ширины  $b$  шпонки и паза

| Соединение | Поле допуска |           |                  |
|------------|--------------|-----------|------------------|
|            | шпонки       | паза вала | паза втулки      |
| Свободное  | h9           | H9        | D10              |
| Нормальное |              | N9        | J <sub>s</sub> 9 |
| Плотное    |              | P9        | P9               |

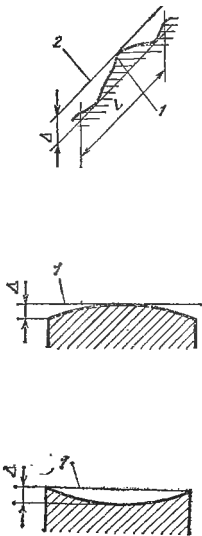
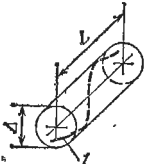
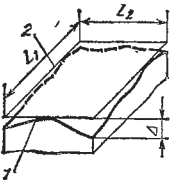
## 12. Основные виды прилегающих поверхностей и профилей

| Эскиз                                                                                                                                             | Определение                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| —                                                                                                                                                 | <i>Прилегающая поверхность</i> — поверхность, имеющая форму номинальной поверхности, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение |
|  <p><math>\Delta &lt; \Delta_1; \Delta &lt; \Delta_2</math></p> | <i>Прилегающая плоскость</i> — плоскость, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение                                            |

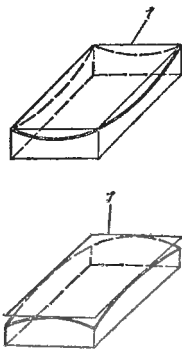
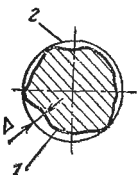
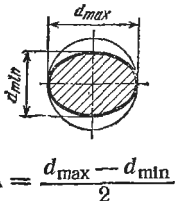
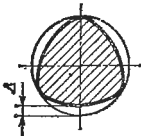
Продолжение табл. 12

| Эскиз                                                                                                                                                                                                                         | Определение                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Прилегающий цилиндр</p> <p>Реальная поверхность</p> <p>Прилегающий цилиндр</p>                                                           | <p><b>Прилегающий цилиндр</b> — цилиндр минимального диаметра, описанный вокруг реальной наружной поверхности, или максимального диаметра, вписанный в реальную внутреннюю поверхность</p>                                                                                                    |
| <p>—</p>                                                                                                                                                                                                                      | <p><b>Прилегающий профиль</b> — профиль, имеющий форму номинального профиля, соприкасающийся с реальным профилем и расположенный вне материала детали так, чтобы отклонение от него наиболее удаленной точки реального профиля в пределах нормируемого участка имело минимальное значение</p> |
|  <p>Прилегающая прямая</p> <p><math>\Delta &lt; \Delta_1</math>;</p> <p><math>\Delta &lt; \Delta_2</math></p>                              | <p><b>Прилегающая прямая</b> — прямая, соприкасающаяся с реальным профилем и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реального профиля в пределах нормируемого участка имело минимальное значение</p>                                        |
|  <p>Прилегающая окружность</p> <p>Реальный профиль</p> <p>Реальный профиль</p> <p>Прилегающая окружность</p> <p><math>r &gt; r_1</math></p> | <p><b>Прилегающая окружность</b> — окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля наружной поверхности вращения, или максимального диаметра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности вращения</p>                                                           |

## 13. Основные виды отклонений формы

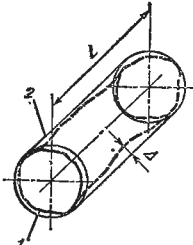
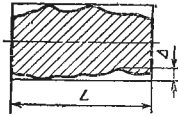
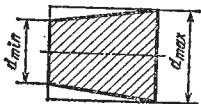
| Эскиз                                                                               | Наименование                                                                         | Определение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | <p>Отклонение от прямолинейности в плоскости</p> <p>Выпуклость</p> <p>Вогнутость</p> | <p>Наибольшее расстояние <math>\Delta</math> от точек реального профиля 1 до прилегающей прямой 2 в пределах нормируемого участка</p> <p>Частными видами отклонения от прямолинейности являются выпуклость и вогнутость</p> <p>Отклонение от прямолинейности, при котором удаление точек реального профиля от прилегающей прямой 1 уменьшается от краев к середине</p> <p>Отклонение от прямолинейности, при котором удаление точек реального профиля от прилегающей прямой 1 увеличивается от краев к середине</p> |
|  | <p>Отклонение от прямолинейности оси (или линии) в пространстве</p>                  | <p>Наименьшее значение диаметра <math>\Delta</math> цилиндра, внутри которого располагается реальная ось 1 поверхности вращения (линия) в пределах нормируемого участка</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|  | <p>Отклонение от плоскостности</p>                                                   | <p>Наибольшее расстояние <math>\Delta</math> от точек реальной поверхности 1 до прилегающей плоскости 2 в пределах нормируемого участка</p> <p>Частными видами отклонения от плоскостности являются выпуклость и вогнутость</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Продолжение табл. 13

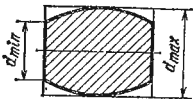
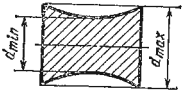
| Эскиз                                                                                                                        | Наименование                        | Определение                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                             | <p>Выпуклость</p> <p>Вогнутость</p> | <p>Отклонение от плоскостности, при котором удаление точек реальной поверхности от прилегающей плоскости <i>1</i> уменьшается от краев к середине</p> <p>Отклонение от плоскостности, при котором удаление точек реальной поверхности от прилегающей плоскости <i>1</i> увеличивается от краев к середине</p> |
|                                            | Отклонение от круглости             | <p>Наибольшее расстояние <math>\Delta</math> от точек реального профиля <i>1</i> до прилегающей окружности <i>2</i></p> <p>Частными видами отклонения от круглости являются овальность и огранка</p>                                                                                                          |
|  $\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$ | Овальность                          | Отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой овальнообразную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которого находятся во взаимно перпендикулярных направлениях                                                                                                                 |
|                                           | Огранка                             | Отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру. Количественно овальность и огранка оцениваются так же, как отклонение от круглости                                                                                                                              |



Продолжение табл. 13

| Эскиз                                                                                                                       | Наименование                           | Определение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                            | Отклонение от цилиндричности           | Наибольшее расстояние $\Delta$ от точек реальной поверхности 1 до прилегающего цилиндра 2 в пределах нормируемого участка                                                                                                                                                                                                     |
|                                            | Отклонение профиля продольного сечения | Наибольшее расстояние $\Delta$ от точек образующих реальной поверхности, лежащих в плоскости, проходящей через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка<br>Частными видами отклонения профиля продольного сечения являются конусообразность, бочкообразность и седлообразность |
|  $\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$ | Конусообразность                       | Отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны                                                                                                                                                                                                                                |

Продолжение табл. 13

| Эскиз                                                                                                                      | Наименование    | Определение                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  $\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$ | Бочкообразность | Отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения |
|  $\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$ | Седлообразность | Отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры уменьшаются от краев к середине сечения   |

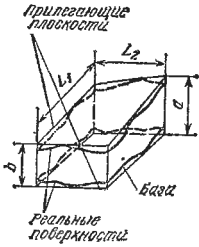
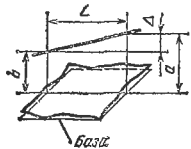
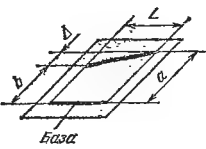
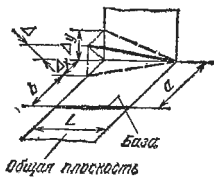
поверхности (профили) заменяются прилегающими, а за оси, плоскости симметрии и центры реальных поверхностей или профилей принимают оси, плоскости симметрии и центры прилегающих элементов. Основные виды отклонений расположения приведены в табл. 14.

**Допуск расположения** — предел, ограничивающий допускаемое значение отклонения расположения.

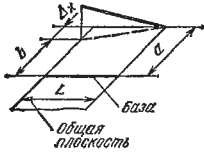
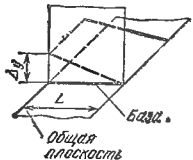
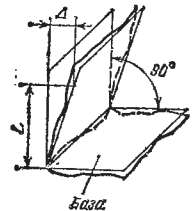
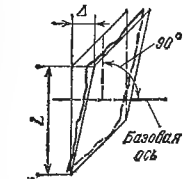
**Поле допуска расположения** — область в пространстве или заданной плоскости, внутри которой должны находиться прилегающий элемент или ось, плоскость симметрии в пределах нормируемого участка. Ширина или диаметр поля допуска определяются значением допуска, а расположение относительно баз определяется номинальным расположением рассматриваемого элемента.

Допуск расположения или формы может быть зависимым и независимым. **Зависимый допуск** — переменный допуск расположения или формы, минимальное значение которого указывают на чертеже или в технических требованиях и которое допускается превышать на величину, соответствующую отклонению действительного размера рас-

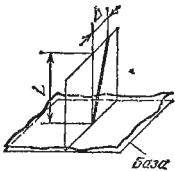
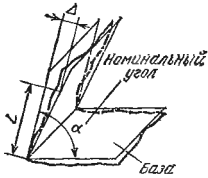
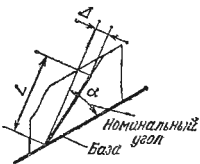
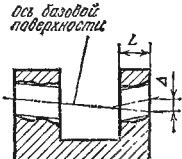
## 14. Основные виды отклонений расположения

| Эскиз                                                                                                                                                                                                                    | Наименование                                                  | Определение                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Прилегающие плоскости</p> <p>Базис</p> <p>Реальная поверхность</p> <p><math>\Delta = a - b</math></p>                                | Отклонение от параллельности плоскостей                       | Разность $\Delta$ наибольшего и наименьшего расстояний между плоскостями в пределах нормируемого участка                                                                             |
|  <p>Базис</p> <p><math>\Delta = a - b</math></p>                                                                                         | Отклонение от параллельности оси (или прямой) и плоскости     | Разность $\Delta$ наибольшего и наименьшего расстояний между осью (прямой) и плоскостью на длине нормируемого участка                                                                |
|  <p>Базис</p> <p><math>\Delta = a - b;</math></p> <p><math>\Delta = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2}</math></p>                           | Отклонение от параллельности прямых в плоскости               | Разность $\Delta$ наибольшего и наименьшего расстояний между прямыми на длине нормируемого участка                                                                                   |
|  <p>Базис</p> <p>Общая плоскость</p> <p><math>\Delta_x = a - b;</math></p> <p><math>\Delta = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2}</math></p> | Отклонение от параллельности осей (или прямых) в пространстве | Геометрическая сумма $\Delta$ отклонений от параллельности проекций осей (прямых) в двух взаимно перпендикулярных плоскостях; одна из этих плоскостей является общей плоскостью осей |

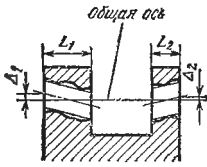
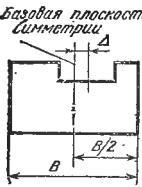
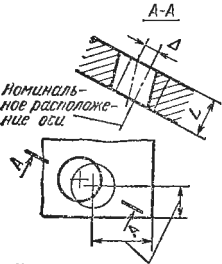
Продолжение табл. 14

| Эскиз                                                                                                                 | Наименование                                                                              | Определение                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p><math>\Delta_x = a - b</math></p> | Отклонение от параллельности осей (или прямых) в общей плоскости                          | Отклонение от параллельности $\Delta_x$ проекций осей (прямых) на их общую плоскость                                                                                    |
|                                       | Перекос осей (или прямых)                                                                 | Отклонение от прямолинейности $\Delta_y$ проекций осей (прямых) на плоскость, перпендикулярную к общей плоскости осей и проходящую через одну из осей (базовую)         |
|                                      | Отклонение от перпендикулярности плоскостей                                               | Отклонение угла между плоскостями от прямого угла ( $90^\circ$ ), выраженное в линейных единицах $\Delta$ на длине нормируемого участка                                 |
|                                     | Отклонение от перпендикулярности плоскости или оси (или прямой) относительно оси (прямой) | Отклонение угла между плоскостью или осью (прямой) и базовой осью от прямого угла ( $90^\circ$ ), выраженное в линейных единицах $\Delta$ на длине нормируемого участка |

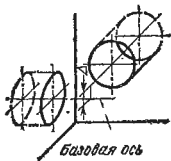
Продолжение табл. 14

| Эскиз                                                                               | Наименование                                                                | Определение                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Отклонение от перпендикулярности оси (или прямой) относительно плоскости    | Отклонение угла между осью поверхности вращения (прямой) и базовой плоскостью от прямого угла ( $90^\circ$ ), выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка                 |
|     | Отклонение наклона плоскости относительно плоскости или оси (или прямой)    | Отклонение угла между плоскостью и базовой плоскостью или базовой осью (прямой) от номинального угла, выраженное в линейных единицах $\Delta$ на длине нормируемого участка                |
|   | Отклонение наклона оси (или прямой) относительно оси (прямой) или плоскости | Отклонение угла между осью поверхности вращения (прямой) и базовой осью или базовой плоскостью от номинального угла, выраженное в линейных единицах $\Delta$ на длине нормируемого участка |
|  | Отклонение от соосности относительно оси базовой поверхности                | Наибольшее расстояние $\Delta$ между осью рассматриваемой поверхности вращения и осью базовой поверхности на длине нормируемого участка                                                    |

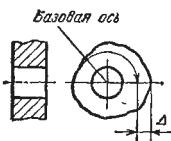
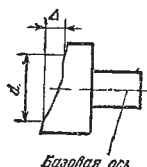
Продолжение табл. 14

| Эскиз                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Наименование                                                        | Определение                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Общая ось</p> <p><math>L_1</math> <math>L_2</math></p> <p><math>\Delta_1</math> <math>\Delta_2</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Отклонение от соосности относительно общей оси                      | Наибольшее расстояние ( $\Delta_1, \Delta_2, \dots$ ) между осью рассматриваемой поверхности вращения и общей осью двух или нескольких поверхностей вращения на длине нормируемого участка        |
|  <p>Базовая плоскость симметрии</p> <p><math>\Delta</math></p> <p><math>B/2</math></p> <p><math>B</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Отклонение от симметричности относительно базового элемента         | Наибольшее расстояние $\Delta$ между плоскостью симметрии (осью) рассматриваемого элемента (или элементов) и плоскостью симметрии базового элемента в пределах нормируемого участка               |
|  <p>Общая плоскость симметрии</p> <p><math>\Delta</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Отклонение от симметричности относительно общей плоскости симметрии | Наибольшее расстояние $\Delta$ между плоскостью симметрии (осью) рассматриваемого элемента (элементов) и общей плоскостью симметрии двух или нескольких элементов в пределах нормируемого участка |
|  <p>A-A</p> <p>Номинальное расположение оси</p> <p>Номинальные размеры</p> <p><math>\Delta</math></p> <p><math>L_1</math> <math>L_2</math> <math>L_3</math> <math>L_4</math> <math>L_5</math> <math>L_6</math> <math>L_7</math> <math>L_8</math> <math>L_9</math> <math>L_{10}</math> <math>L_{11}</math> <math>L_{12}</math> <math>L_{13}</math> <math>L_{14}</math> <math>L_{15}</math> <math>L_{16}</math> <math>L_{17}</math> <math>L_{18}</math> <math>L_{19}</math> <math>L_{20}</math> <math>L_{21}</math> <math>L_{22}</math> <math>L_{23}</math> <math>L_{24}</math> <math>L_{25}</math> <math>L_{26}</math> <math>L_{27}</math> <math>L_{28}</math> <math>L_{29}</math> <math>L_{30}</math> <math>L_{31}</math> <math>L_{32}</math> <math>L_{33}</math> <math>L_{34}</math> <math>L_{35}</math> <math>L_{36}</math> <math>L_{37}</math> <math>L_{38}</math> <math>L_{39}</math> <math>L_{40}</math> <math>L_{41}</math> <math>L_{42}</math> <math>L_{43}</math> <math>L_{44}</math> <math>L_{45}</math> <math>L_{46}</math> <math>L_{47}</math> <math>L_{48}</math> <math>L_{49}</math> <math>L_{50}</math> <math>L_{51}</math> <math>L_{52}</math> <math>L_{53}</math> <math>L_{54}</math> <math>L_{55}</math> <math>L_{56}</math> <math>L_{57}</math> <math>L_{58}</math> <math>L_{59}</math> <math>L_{60}</math> <math>L_{61}</math> <math>L_{62}</math> <math>L_{63}</math> <math>L_{64}</math> <math>L_{65}</math> <math>L_{66}</math> <math>L_{67}</math> <math>L_{68}</math> <math>L_{69}</math> <math>L_{70}</math> <math>L_{71}</math> <math>L_{72}</math> <math>L_{73}</math> <math>L_{74}</math> <math>L_{75}</math> <math>L_{76}</math> <math>L_{77}</math> <math>L_{78}</math> <math>L_{79}</math> <math>L_{80}</math> <math>L_{81}</math> <math>L_{82}</math> <math>L_{83}</math> <math>L_{84}</math> <math>L_{85}</math> <math>L_{86}</math> <math>L_{87}</math> <math>L_{88}</math> <math>L_{89}</math> <math>L_{90}</math> <math>L_{91}</math> <math>L_{92}</math> <math>L_{93}</math> <math>L_{94}</math> <math>L_{95}</math> <math>L_{96}</math> <math>L_{97}</math> <math>L_{98}</math> <math>L_{99}</math> <math>L_{100}</math></p> | Позиционное отклонение                                              | Наибольшее расстояние $\Delta$ между реальным расположением элемента (его центра, оси, или плоскости симметрии) и его номинальным расположением в пределах нормируемого участка                   |

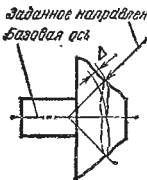
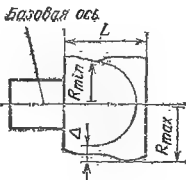
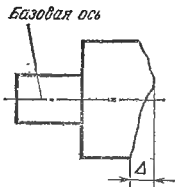
Продолжение табл. 14

| Эскиз                                                                             | Наименование                   | Определение                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|  | Отклонение от пересечения осей | Наименьшее расстояние $\Delta$ между осями, пересекающимися номинально |

### 15. Основные виды суммарных отклонений формы и расположения

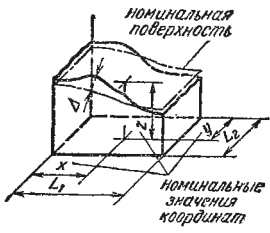
| Эскиз                                                                               | Наименование      | Определение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | Радиальное биение | Разность $\Delta$ наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной базовой оси                                                                                                                                                                                                    |
|  | Торцовое биение   | Разность $\Delta$ наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси. Торцовое биение определяется в сечении торцевой поверхности цилиндром заданного диаметра, соосным с базовой осью, а если диаметр не задан, то в сечении любого (в том числе и наибольшего) диаметра торцевой поверхности |

Продолжение табл. 15

| Эскиз                                                                                                                           | Наименование                                            | Определение                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                | <p>Биеение<br/>в заданном<br/>направле-<br/>нии</p>     | <p>Разность <math>\Delta</math> наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения в сечении рассматриваемой поверхности конусом, ось которого совпадает с базовой осью, а образующая имеет заданное направление, до вершины этого конуса</p> |
|  <p><math>\Delta = R_{max} - R_{min}</math></p> | <p>Полное<br/>радиальное<br/>биеение</p>                | <p>Разность <math>\Delta</math> наибольшего и наименьшего расстояний от всех точек реальной поверхности в пределах нормируемого участка до базовой оси</p>                                                                                                                      |
|                                              | <p>Полное<br/>торцовое<br/>биеение</p>                  | <p>Разность <math>\Delta</math> наибольшего и наименьшего расстояний от точек всей торцовой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси</p>                                                                                                                          |
|                                              | <p>Отклонение<br/>формы за-<br/>данного<br/>профиля</p> | <p>Наибольшее отклонение <math>\Delta</math> точек реального профиля от номинального профиля, определяемое по нормали к номинальному профилю в пределах нормируемого участка</p>                                                                                                |



Продолжение табл. 15

| Эскиз                                                                            | Наименование                          | Определение                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Отклонение формы заданной поверхности | Наибольшее отклонение $\Delta$ точек реальной поверхности от номинальной поверхности, определяемое по нормали к номинальной поверхности в пределах нормируемого участка |

**Примечание.** Кроме указанных видов суммарных отклонений, в обоснованных случаях могут нормироваться и другие суммарные отклонения формы и расположения поверхностей (профилей), например: 1) суммарное отклонение от параллельности и плоскостности; 2) суммарное отклонение от перпендикулярности и плоскостности; 3) суммарное отклонение от номинального наклона и плоскостности.

### 16. Знаки условного обозначения допусков

| Допуск          | Знак                                                                                | Допуск                      | Знак                                                                                |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Прямолинейности | —                                                                                   | Профиля продольного сечения | =                                                                                   |
| Плоскостности   |  | Параллельности              | //                                                                                  |
| Круглости       |  | Перпендикулярности          |  |
| Цилиндричности  |  | Наклона                     |  |

Продолжение табл. 15

| Допуск                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Знак                                                                              | Допуск                                                   | Знак                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Соосности                                                                                                                                                                                                                                                                               |  | Биеция радиального, торцового или в заданном направлении |  |
| Симметричности                                                                                                                                                                                                                                                                          |  | Биеция полного радиального или торцового                 |  |
| Позиционный                                                                                                                                                                                                                                                                             |  | Формы заданного профиля                                  |  |
| Пересечения осей                                                                                                                                                                                                                                                                        |  | Формы заданной поверхности                               |  |
| <p><b>П р и м е ч а н и е.</b> Суммарные допуски формы и расположения, для которых не установлены отдельные графические знаки, обозначают знаками составных допусков и располагают на первой части рамки в такой последовательности: знак допуска расположения; знак допуска формы.</p> |                                                                                   |                                                          |                                                                                   |

смаатриваемого и (или) базового элемента данной детали от проходного предела (наибольшего предельного размера вала или наименьшего предельного размера отверстия):  $T_{\text{зав}} = T_{\text{min}} + T_{\text{доп}}$ , где  $T_{\text{min}}$  — минимальная часть допуска;  $T_{\text{доп}}$  — дополнительная часть допуска, зависящая от действительных размеров рассматриваемых поверхностей.

**Независимый допуск расположения или формы** — допуск, числовое значение которого постоянно для всей совокупности деталей, изготавливаемых по данному чертежу, и не зависит от действительного размера рассматриваемого или базового элемента.

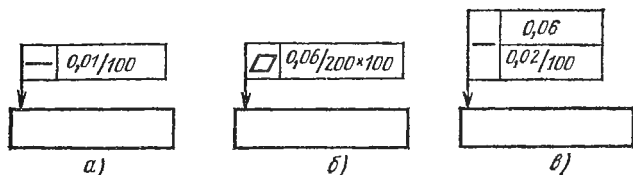


Рис. 10. Примеры указания допусков формы

Под *суммарным отклонением формы и расположения* понимается отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонения формы и отклонения расположения рассматриваемой поверхности или рассматриваемого профиля относительно заданных баз. Основные виды суммарных отклонений формы и расположения приведены в табл. 15.

*Суммарный допуск формы и расположения* — предел, ограничивающий допускаемое значение суммарного отклонения формы и расположения.

*Поле суммарного допуска формы и расположения* — область в пространстве или на заданной поверхности, внутри которой должны находиться все точки реальной поверхности (профиля) в пределах нормируемого участка.

*Правила указания допусков формы и расположения геометрических элементов на чертежах* устанавливают ГОСТ 2.308—79. Условные обозначения допусков формы и расположения геометрических элементов приведены в табл. 16. Соответствующий знак и величину допуска вписывают в рамку допуска, разделенную на две или три части. В первой части рамки (слева) приводят знак допуска согласно табл. 16, во второй — числовое значение допуска в миллиметрах, в третьей и последующих — буквенное обозначение базы (баз), если это необходимо.

Перед числовым значением допуска вписывают: а) символ  $\varnothing$ , если круговое или цилиндрическое поле допуска указывают в диаметральном выражении, например  $\varnothing 0,2$ ; б) символ R, если круговое или цилиндрическое поле допуска указывают в радиусном выражении, например R 0,1; в) символ T, если допуски симметричности, пересечения осей, формы заданного профиля и заданной поверхности, а также позиционный допуск указывают в диаметральном выражении, например T 0,2; г) символ T/2

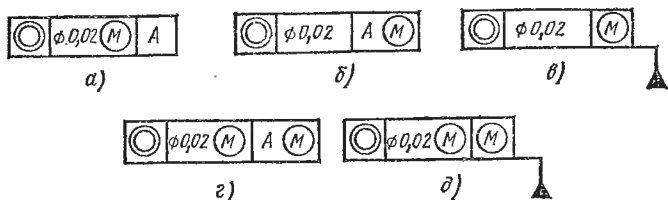


Рис. 11. Примеры указания зависимых допусков:

*а* — зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого элемента; *б, в* — зависимый допуск связан с действительными размерами базового элемента; *г, д* — зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого и базового элементов

для тех же видов допусков, как и для *T*, если их указывают в радиусном выражении, например,  $T/2 \ 0,1$ ; д) слово «сфера», если поле допуска сферическое, например сфера  $\varnothing 0,1$ .

Числовое значение допуска формы и расположения, указанное в рамке, относится ко всей длине поверхности. Если допуск относится к ограниченному участку длины или поверхности в любом месте, то размеры нормируемого участка в миллиметрах указывают после числового значения допуска через разделительную наклонную линию (рис. 10, *а, б*). Допуск по всему элементу и одновременно допуск на определенном нормируемом участке указывают в объединенной рамке допуска (рис. 10, *в*).

Зависимые допуски расположения и формы указывают условным знаком (рис. 11). Когда допуск расположения или формы не указан как зависимый, его считают независимым.

Линейные и угловые размеры, которые определяют номинальное расположение или номинальную форму элементов, ограничиваемых допуском, назначая позиционный допуск, допуск наклона, допуск формы заданной поверхности или заданного профиля, указывают на чертежах без предельных отклонений и заключают в прямоугольные рамки.

## ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

*Шероховатость поверхности* — это совокупность неровностей с относительно малыми шагами, образующих рельеф поверхности детали и рассматриваемых в пределах базовой детали *1*. *Базовая длина* — длина базовой линии,

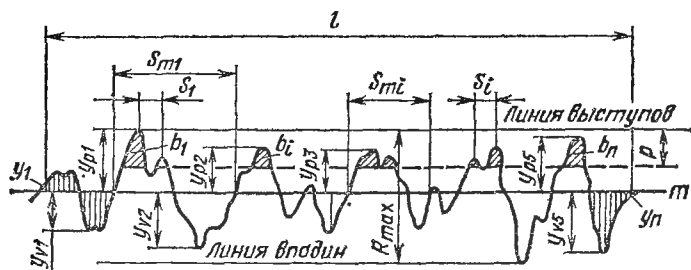


Рис. 12. Профилограмма шероховатости поверхности и ее параметры

используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности, и для количественного определения ее параметров. Числовые значения шероховатости отсчитывают от базовой линии, за которую принята средняя линия профиля  $m$ , имеющая форму номинального профиля и проведенная так, чтобы в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля по этой линии было бы минимально (рис. 12). Номенклатуру параметров, числовые значения параметров и базовых длин, а также типы направлений неровностей устанавливает ГОСТ 2789—73. Стандарт не распространяется на шероховатость ворсистой поверхности, например, на шероховатость изделия из фетра, войлока, дерева и т. п. Установлено шесть параметров шероховатости. Термины и определения шероховатости поверхности приведены в ГОСТ 25142—82.

1. Среднее арифметическое отклонение профиля ( $Ra$ ) — среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины

$$Ra \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

где  $n$  — число выбранных точек профиля в пределах базовой длины  $l$ ;  $y_i$  — отклонение профиля — расстояние между точкой профиля и базовой (средней) линией.

Числовые значения приведены в табл. 17.

2. Высота неровностей профиля по десяти точкам ( $Rz$ ) — сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наиболь-

17. Значения  $Ra$ , мкм

|       |       |       |                 |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100   | 80    | 63    | 50 <sub>р</sub> | 40    | 32    | 25    | 20    | 16    | 12,5  |
| 10,0  | 8,00  | 6,3   | 5,0             | 4,0   | 3,2   | 2,5   | 2,0   | 1,6   | 1,25  |
| 1,0   | 0,80  | 0,63  | 0,5             | 0,40  | 0,32  | 0,25  | 0,20  | 0,160 | 0,125 |
| 0,100 | 0,080 | 0,063 | 0,050           | 0,040 | 0,032 | 0,025 | 0,020 | 0,016 | 0,012 |
| 0,010 | 0,008 | —     | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     |

Примечание. В рамках указаны значения предпочтительного применения.

|       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 1600  | 1250  |
| 1000  | 800   | 630   | 500   | 400   | 320   | 250   | 200   | 160   | 125   |
| 100   | 80    | 63    | 50    | 40    | 32    | 25,00 | 20,00 | 16,0  | 12,5  |
| 10    | 8,00  | 6,3   | 5,0   | 4,00  | 3,2   | 2,5   | 2,00  | 1,60  | 1,25  |
| 1,00  | 0,80  | 0,63  | 0,50  | 0,40  | 0,32  | 0,25  | 0,20  | 0,160 | 0,125 |
| 0,100 | 0,080 | 0,063 | 0,050 | 0,040 | 0,032 | 0,025 | —     | —     | —     |

Примечание. В рамках указаны значения предпочтительного применения.

ших впадин профиля в пределах базовой длины (рис. 12)

$$Rz = \frac{1}{5} \left( \sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}| \right),$$

где  $y_{pi}$  — высота  $i$ -го наибольшего выступа профиля, определяемая расстоянием от средней линии профиля ( $m$ ) до высшей точки выступа профиля;  $y_{vi}$  — глубина  $i$ -й наибольшей впадины профиля, определяемая расстоянием от средней линии профиля до низшей точки впадины профиля.

Числовые значения  $Rz$  приведены в табл. 18.

3. Наибольшая высота неровностей профиля ( $R_{\max}$ ) — расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины. Числовые значения  $R_{\max}$  приведены в табл. 18.

4. Средний шаг неровностей профиля ( $Sm$ ) — среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины

$$Sm = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Sm_i,$$

где  $Sm_i$  —  $i$ -й шаг неровностей профиля — отрезок средней линии профиля, содержащий неровность профиля (рис. 12);  $n$  — число шагов неровностей профиля.

5. Средний шаг местных выступов профиля ( $S$ ) — среднее значение шагов местных выступов профиля, находящихся в пределах базовой длины,

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i,$$

где  $S_i$  —  $i$ -й шаг местных выступов профиля — отрезок средней линии между проекциями на нее наивысших точек соседних местных выступов профиля (рис. 12);  $n$  — число шагов местных выступов.

Числовые значения параметров  $Sm$  и  $S$  приведены в табл. 19.

6. Относительная опорная длина профиля ( $t_p$ ) — отношение опорной длины профиля к базовой длине

$$t_p = \frac{\eta_p}{l} = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i,$$



19. Значения  $S_m$  и  $S$ , мкм

|       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 12,5   |
| 10,0  | 8,00  | 6,3   | 5,0   | 4,0   | 3,2   | 2,5   | 2,0   | 1,60  | 1,25   |
| 1,00  | 0,80  | 0,63  | 0,50  | 0,40  | 0,32  | 0,25  | 0,20  | 0,16  | 0,125  |
| 0,100 | 0,080 | 0,063 | 0,050 | 0,040 | 0,032 | 0,025 | 0,020 | 0,016 | 0,0125 |
| 0,010 | 0,008 | 0,006 | 0,005 | 0,004 | 0,003 | 0,002 | —     | —     | —      |

20. Соотношение значений  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{\max}$  и базовой длины

| $R_a$ , мкм      | $R_z$ и $R_{\max}$ , мкм | Базовая длина $l$ , мм |
|------------------|--------------------------|------------------------|
| До 0,025         | До 0,10                  | 0,08                   |
| Св. 0,025 до 0,4 | Св. 0,10 до 1,6          | 0,25                   |
| » 0,4 » 3,2      | » 1,6 » 12,5             | 0,80                   |
| » 3,2 » 12,5     | » 12,5 » 50              | 2,50                   |
| » 12,5 » 100     | » 50 » 400               | 8,00                   |

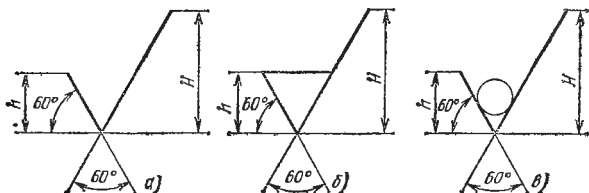
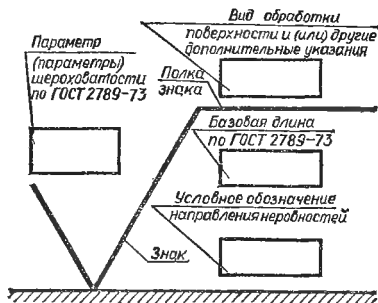
## 21. Условное обозначение направления неровностей

| Направление неровностей | Схематическое изображение неровностей | Условное обозначение на чертеже |
|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Параллельное            |                                       |                                 |
| Перпендикулярное        |                                       |                                 |
| Перекрещивающееся       |                                       |                                 |
| Произвольное            |                                       |                                 |
| Кругообразное           |                                       |                                 |
| Радиальное              |                                       |                                 |

Рис. 13. Структура обозначения шероховатости поверхности на чертежах

Рис. 14. Типы знаков для обозначения шероховатости поверхности:

*a* — вид обработки не устанавливается; *b* — поверхность образована удалением слоя материала (точением, фрезерованием и т. п.); *в* — поверхность образована без удаления слоя материала (литьем, ковкой, штамповкой и т. п.); *h* — приблизительно равна высоте цифр размерных чисел;  $H = (1,5 \div 3) h$



где  $\eta_p$  — опорная длина профиля, равна сумме длин отрезков ( $b_i$ ), отсекаемых на заданном уровне ( $p$ ) в материале профиля линией, эквидистантной средней линии в пределах базовой длины (рис. 12);  $p$  — уровень сечения профиля — расстояние между линией выступов профиля и линией, пересекающей профиль эквидистантно линии выступов профиля, выраженное в процентах от  $R_{\max}$ .

Требования к шероховатости поверхности устанавливают одним или несколькими параметрами, когда это необходимо для обеспечения эксплуатационных свойств поверхности. Параметр  $R_a$  является предпочтительным. Базовую длину выбирают на основе табл. 20.

Структура обозначения шероховатости поверхности по ГОСТ 2.309—73 приведена на рис. 13. При наличии в обозначении только значения параметра (параметров) применяют знак без полки. Типы знаков показаны на рис. 14. Значения параметров шероховатости в обозначении шероховатости указывают по определенным правилам.

1. Значение параметра  $R_a$  указывают без символа, а остальных параметров — после соответствующего символа.

2. При указании диапазона значений параметра шероховатости поверхности приводят пределы значений параметра, размещая их в две строки, например:

|      |            |                 |             |
|------|------------|-----------------|-------------|
| 0,80 | $R_z$ 0,10 | $R_{\max}$ 0,40 | $t_{50}$ 50 |
| 0,40 | 0,05       | 0,20            | 70          |

3. При указании номинального значения параметра шероховатости поверхности приводят его значения с предельными отклонениями по ГОСТ 2789—73, например  $3,2 \pm 20\%$ ;  $R_z = 50_{-10\%}$ ;  $t_{50} 70 \pm 40\%$ ;  $S_m 5,0_{+20\%}$  и т. д.

4. При указании более одного параметра шероховатости их значения записывают сверху вниз в следующем порядке: параметр высоты неровностей профиля, параметр шага неровностей профиля и относительная опорная длина профиля. Когда шероховатость поверхности нормируют параметром  $R_a$  или  $R_z$ , определенными при значениях базовой длины, указанных в табл. 20, базовую длину в обозначении шероховатости не указывают. Вид обработки поверхности указывают только в тех случаях, когда он является единственным, применяемым для получения требуемого качества поверхности. Условные обозначения направления неровностей приведены в табл. 21. Их приводят на чертеже только при необходимости.

## УНИВЕРСАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

**Плоскопараллельные концевые меры длины.** С помощью концевых мер длины воспроизводят единицы длины, проверяют и градуируют измерительные инструменты и приборы, проверяют калибры и контркалибры, настраивают оборудование, а также выполняют точные измерения, разметочные работы и т. д.

Концевые меры длины комплектуют в наборы различных номеров. В зависимости от точности изготовления меры выпускают 0, 1, 2 и 3-го классов точности. Наивысшая точность по 0-му классу. С помощью притирки из одного набора мер составляют блоки с различными комбинациями размеров (в одном блоке не следует применять более четырех-пяти мер). Для этого меры подбирают та-

ким образом: первая мера блока должна содержать последний или два последних знака размера блока, вторая мера — последние знаки остатка и т. д. С обеих сторон блока рекомендуется притирать защитные меры. Перед притиркой меры промывают чистым бензином и вытирают насухо салфеткой. Для закрепления блоков мер и удобного пользования выпускают наборы принадлежностей.

**Штриховые меры длины.** К штриховым мерам длины относятся брусковые (ГОСТ 12069—78), измерительные линейки (ГОСТ 427—75) и рулетки (ГОСТ 7502—80).

Брусковые меры применяют в качестве образцовых мер длины, а также шкал приборов и станков для непосредственных измерений.

Измерительные линейки изготовляют с одной или двумя шкалами с верхними пределами измерений 150, 300, 500 и 1000 мм ценой деления 0,5 или 1 мм.

Измерительные металлические рулетки (ГОСТ 7502—80) изготовляют 2- и 3-го классов точности в закрытых и открытых корпусах с лентой длиной 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 75 и 100 м.

**Штангенинструменты.** К штангенинструментам относят измерительные инструменты с линейным нониусом. Изготовляют следующие штангенинструменты: штангенциркули, штангенрейсмасы (штангенвысотомеры) и штангенглубиномеры.

Штангенциркули (ГОСТ 166—80) со значением отсчета по нониусу 0,05 и 0,1 мм предназначены для измерения наружных и внутренних размеров до 2000 мм. Их выпускают нескольких типов: ШЦ-1 (двусторонние с глубиномером) с диапазоном измерения 0—125 и значением отсчета по нониусу 0,1 мм; ШЦТ-1 (односторонние с покрытием из твердого сплава с глубиномером) с диапазоном измерения 0—125 и значением отсчета по нониусу 0,1 мм; ШЦ-11 (двусторонние) с диапазоном измерений 0—160; 0—200; 0—250 и значением отсчета по нониусу 0,05 и 0,1 мм; ШЦ-111 (односторонние) с диапазоном измерений 0—160; 0—200; 0—250 и значением отсчета по нониусу 0,05 и 0,1 мм, а также с диапазоном измерений 0—315; 0—400; 0—500; 250—630; 250—800; 320—1000; 500—1250; 500—1600; 800—2000 и значением отсчета по нониусу 0,1 мм.

Штангенрейсмасы (ГОСТ 164—80) предназначены для измерения высот и разметочных работ. Их изготавливают со значением отсчета по нониусу 0,05 и 0,10 мм и пределами измерений 0—250; 40—400; 60—630; 100—1000; 600—1600; 1500—2500 мм.

Штангенглубиномеры (ГОСТ 162—80) предназначены для измерения выступов, глубин отверстий и пазов. Их выпускают со значением отсчета по нониусу 0,05 мм и диапазонам измерений до 160, 250 и 400 мм.

Погрешность показаний штангенинструментов нормируют в пределах величины отсчета. Для инструментов с большим диапазоном измерений погрешность измерения превышает величину отсчета по нониусу.

**Микрометрические приборы.** К приборам данной группы относятся микрометры с ценой деления 0,01 мм, рычажные микрометры, настольные микрометры, глубиномеры микрометрические и нутромеры микрометрические.

Микрометры с ценой деления 0,01 мм по ГОСТ 6507—78 изготавливают следующих типов: 1) МК — гладкие для измерения наружных размеров изделий с диапазоном измерений 0—25; 25—50; 50—75; 75—100; 100—125; 125—150; 150—175; 170—200; 200—225; 225—250; 250—275; 275—300; 300—400; 400—500; 500—600 мм; 2) МЛ — листовые с циферблатом для измерения толщины листов и лент; диапазон измерений 0—5; 0—10, 0—25 мм; 3) МТ — трубные для измерения толщины стенок труб с диапазоном измерения 0—25 мм; 4) МЗ — зубомерные для контроля длины общей нормали зубчатых колес с модулем от 1 мм; диапазон измерений 0—25; 25—50; 50—75; 75—100 мм; 5) МП — для проволоки с диапазоном измерения 0—10 мм; 6) МГ — микрометрические головки с диапазоном измерения 0—25 мм.

Рычажные микрометры (ГОСТ 4381—87) изготавливают трех типов: 1) МР — со встроенным в корпус отсчетным устройством; диапазон измерений 0—25; 25—50; 50—75 и 75—100 мм; цена деления отсчетного устройства не более 0,002 мм; применяют для измерения наружных размеров; 2) МРИ — оснащенные отсчетным устройством; применяют для измерения наружных размеров от 100 до 2000 мм; цена деления отсчетного устройства 0,002 и 0,01 мм.

Настольные микрометры со стрелочным отсчетным устройством типа МН-1 и МН-2 (ГОСТ 10388—81); диапазон измерений 0—10 мм; цена деления отсчетного устройства 0,001 мм. Поставляют по заказам.

Микрометрические глубиномеры (ГОСТ 7470—78) с диапазоном измерений 0—100 и 0—150 мм; цена деления отсчетного устройства 0,01 мм.

Микрометрические нутромеры (ГОСТ 10—75) предназначены для измерения внутренних размеров 50—6000 мм; диапазон измерений 50—75; 75—175; 75—600; 150—1250; 600—2500; 1250—4000; 2500—6000 мм. Нутромеры с верхним пределом измерения свыше 2500 мм поставляют с микрометрической головкой, оснащенной индикатором часового типа 0-го класса и ценой делений 0,01 мм.

**Рычажно-зубчатые приборы.** К приборам данной группы относят: головки измерительные, скобы с отсчетным устройством, глубиномеры, нутромеры, толщиномеры, стенкомеры индикаторные. Стандартные рычажно-зубчатые измерительные головки приведены в табл. 22.

Скобы с отсчетным устройством (ГОСТ 11098—75\*) предназначены для измерения наружных размеров. Их изготавливают двух типов: СР — рычажные, со встроенным в корпусе отсчетным устройством с ценой деления 0,002 мм и СИ — индикаторные, оснащенные измерительными головками с ценой деления 0,01 мм. СР — с диапазоном измерений 0—25; 25—50; 50—75; 75—100; 100—125; 125—150 мм; погрешность измерения в пределах цены деления на всей шкале и половины длины на участке  $\pm 10$  делений; СИ — с диапазоном измерений 0—50; 50—100; 100—200; 200—300; 300—400; 400—500; 500—600; 600—700; 700—850; 850—1000 мм; погрешность измерения в пределах цены деления.

Индикаторные нутромеры с ценой деления 0,01 мм (ГОСТ 868—82) применяют для измерения внутренних размеров 6—100 мм. По ГОСТ 9244—75 выпускают нутромеры с измерительными головками, имеющими цену деления 0,001 мм, для измерения внутренних размеров 2—10 мм и цену деления 0,002 мм — для размеров 10—260 мм.

Индикаторные глубиномеры (ГОСТ 7661—67) применяют для измерения глубины пазов, отверстий, высоты уступов и т. п. Диапазон измерения 0—100 мм обеспечи-

## 22. Рычажно-зубчатые измерительные головки

| Головки                                       | Тип                                   | Цена деления, мм                 | Диапазон измерения, мм    |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Индикаторы часовые, ГОСТ 577—68               | ИЧ-2<br>ИЧ-5<br>ИЧ-10<br>ИТ-2         | 0,01                             | 0—2<br>0—5<br>0—10<br>0—2 |
| Индикаторы рычажно-зубчатые, ГОСТ 5584—75     | ИРБ<br>(боковые)<br>ИРТ<br>(торцовые) | 0,01                             | 0—0,8                     |
| Рычажно-зубчатые измерительные, ГОСТ 18833—73 | 1ИГ<br>2ИГ                            | 0,001<br>0,002                   | $\pm 0,05$<br>$\pm 0,10$  |
| Индикаторы многооборотные, ГОСТ 9696—82       | 1МИГ<br>2МИГ<br>1МИГП<br>2МИГП        | 0,001<br>0,002<br>0,001<br>0,002 | 0—1<br>0—2<br>0—1<br>0—2  |

## 23. Пружинные измерительные приборы

| Приборы                                                               | Тип                                                                           | Цена деления, мкм                      | Диапазон измерения, мкм                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Измерительные головки пружинные (микрокаторы), ГОСТ 6933—81           | 01ИГП *1<br>02ИГП *1<br>05ИГП *1<br>1ИГП *1<br>2ИГП *2<br>5ИГП *2<br>10ИГП *2 | 0,1<br>0,2<br>0,5<br>1<br>2<br>5<br>10 | $\pm 4,0$<br>$\pm 6,0$<br>$\pm 15,0$<br>$\pm 30$<br>$\pm 60$<br>$\pm 150$<br>$\pm 300$ |
| Измерительные головки рычажно-пружинные (мини-каторы), ГОСТ 14711—69  | ИРП:<br>с коротким наконечником<br>с длинным наконечником                     | 1<br>2                                 | $\pm 40$<br>$\pm 80$                                                                   |
| Измерительные головки пружинно-оптические (оптикаторы), ГОСТ 10593—74 | 01П *3<br>02П *3<br>05П *3<br>1П *3                                           | 0,1<br>0,2<br>0,5<br>1,0               | $\pm 12$<br>$\pm 25$<br>$\pm 50$<br>$\pm 125$                                          |

\*1 Изготавливаются с уменьшенным измерительным усилием (ИГПУ), с регулируемым измерительным усилием (ИГПР), герметизированные (ИГПГ) и виброустойчивые (ИГПВ).

\*2 Изготавливаются герметизированные и виброустойчивые.

\*3 Изготавливаются с регулируемым измерительным усилием.

вается набором сменных измерительных стержней; цена деления отсчетного устройства 0,01 мм.

Индикаторные стенкомеры с ценой деления 0,01 и 0,1 мм (ГОСТ 11951—82) выпускаются следующих типов: С-2, С-10А, С-10Б, С-25 и С-50. Диапазон измерений 0—2, 0—10, 0—25 и 25—50 мм. Стенкомеры С-2 и С-10А имеют отсчетное устройство с ценой деления 0,01 мм.

**Пружинные измерительные приборы.** К приборам данной группы относятся микрокаторы, микаторы, миникаторы, оптикаторы (табл. 23).

**Пневматические измерительные приборы** бывают двух типов: манометрические и ротометрические. Манометрические приборы подразделяют на дифференциальные и недифференциальные. Пневматические приборы содержат: 1) устройства подготовки воздуха; 2) входные сопла; 3) манометрические и ротометрические устройства; 4) измерительную оснастку; 5) воздухопроводы с арматурой; 6) вспомогательные устройства. Наибольшее распространение в промышленности имеют пневматические длиномеры высокого давления и пневматические длиномеры низкого давления. В качестве измерительной оснастки используют пневматические приборы (ГОСТ 14864—78) и установочные кольца (ГОСТ 14865—78).

**Оптико-механические и оптические приборы** бывают контактные и бесконтактные, проекционные и интерференционные. Некоторые из них приведены в табл. 24.

**Электронные измерительные приборы и системы** обеспечивают высокую точность измерения и позволяют получить сигналы измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и использования в автоматических системах управления. Выпускаются следующие электронные измерительные приборы: 1) показывающие с индуктивными преобразователями (мод. 212, 213, 214, 217, 276, 287); 2) электронное устройство для амплитудных измерений мод. 281; применяется совместно с электронными измерительными приборами для определения минимального и максимального размера; 3) устройство мод. 282 для автоматической настройки нуля в индуктивных измерительных приборах; 4) отсчетно-измерительная система с механотронным преобразователем (мод. БВ 3040.VI); 5) измерительная электронная система (мод. 76500—76503).



## 24. Оптико-механические и оптические приборы

| Приборы                                             | Диапазон измерения прибора, мм                                                                                                                        | Цена деления, мкм |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Вертикальные оптимеры (ГОСТ 5405—75):               |                                                                                                                                                       |                   |
| ОВО-1 (ИКВ)                                         | 0—180 для наружных длин и диаметров                                                                                                                   | 1                 |
| ОВЭ-1 (ИКВ-3)                                       | 0—200 для наружных длин и диаметров                                                                                                                   | 1                 |
| ОВЭ-0,2 (ИКП-3)                                     | 0—160 для наружных длин и диаметров                                                                                                                   | 0,2               |
| Горизонтальные оптимеры (ГОСТ 5405—75):             |                                                                                                                                                       |                   |
| ОГО-1, ОГЭ-1 (ИКТ-3)                                | 0—500 для наружных длин и диаметров; 13,5—400 для внутренних длин; 13,5—150 для внутренних диаметров                                                  | 1                 |
| Измерительные машины ИЗМ (ГОСТ 10875—76)            | 0—1000; 0—2000; 0—4000 для наружных длин и соответственно для внутренних длин: 13,5—900; 13,5—1900; 13,5—3900. Диапазон измеряемых отверстий 13,5—150 | 1                 |
| Длиномеры оптические вертикальные (ГОСТ 14028—68):  |                                                                                                                                                       |                   |
| ИЗВ-2, ИЗВ-3                                        | 0—250 для наружных длин и диаметров                                                                                                                   | 1                 |
| ИЗВ-5 с ЭВМ                                         | 0—160 для наружных размеров                                                                                                                           | 0,2               |
| Длиномер оптический горизонтальный (ГОСТ 14028—68): | 0—500 для наружных длин и диаметров и 5—400 для внутренних длин и диаметров                                                                           | 1                 |
| ИКУ-2                                               |                                                                                                                                                       |                   |
| ИЗГ-5 с ЭВМ                                         | То же                                                                                                                                                 | 0,2               |
| Инструментальные микроскопы (ГОСТ 8074—82):         |                                                                                                                                                       |                   |
| малый ММИ                                           | По осям: X до 75; Y до 25<br>Углов от 0 до 360°                                                                                                       | 5<br>1'           |
| большой БМИ                                         | По осям: X до 150; Y до 50<br>Углов от 0 до 360°                                                                                                      | 5<br>1'           |
| бинокулярные БИМ                                    | По осям: X до 150; Y до 75<br>Углов от 0 до 360°                                                                                                      | 2<br>1'           |
| Универсальные микроскопы (ГОСТ 14968—69):           |                                                                                                                                                       |                   |
| УИМ-23                                              | По осям: X до 200; Y до 100<br>Углов от 0 до 360°                                                                                                     | 1<br>1'           |
| УИМ-24                                              | По осям: X до 500; Y до 200<br>Углов от 0 до 360°                                                                                                     | 1<br>1'           |

Продолжение табл. 24

| Приборы                         | Диапазон измерения прибора, мм | Цена деления, мкм |
|---------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| Катетометры<br>(ГОСТ 19719—74): |                                |                   |
| КМ-6                            | 0—200                          | 10                |
| КМ-7                            | 0—300                          | 10                |
| КМ-8                            | 0—500                          | 10                |
| КМ-9                            | 0—1000                         | 10                |
| Проекторы<br>(ГОСТ 19795—82):   | По осям:                       |                   |
| ПИ-250                          | X до 25; Y до 25; Z до 30      | 10                |
| ПИ-360                          | X до 40; Y до 25; Z до 85      | 1                 |
| ПИ-600                          | X до 100; Y до 50; Z до 100    | 2                 |

Координатно-измерительные приборы и машины получают все большее распространение в промышленности для измерения изделий сложной формы при измерении большого числа различных параметров. С помощью координатно-измерительных приборов типа УИМ-29, ДИП-1, ДИП-3 и ДИП-4, созданных на базе универсальных измерительных микроскопов, выполняют измерения по двум координатам. Для измерения по трем координатным осям предназначены трехкоординатные измерительные приборы мод. ТИП-1, ТИП-2.

В координатно-измерительных машинах (КИМ) измерительный шпиндель может перемещаться по осям X, Y и Z. В комплект координатно-измерительных машин входят различные приспособления и приборы для различных измерений, разметки, гравирования, центровки и других работ, а также ЭВМ настольного типа, цифропечатающее устройство, дисплеи, самопишущие и программирующие устройства с математическим обеспечением и т. п. Вильнюсским филиалом ЭНИМС разработаны КИМ мод. ВЕ (ВЕ-111, ВЕ-111А, ВЕ-140К, ВЕ-141, ВЕ-155, ВЕ-200К). Каунасское станкостроительное производственное объединение им. Ф. Дзержинского выпускают КИМ мод. НММ-965.

### ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Средства измерений выбирают с учетом метрологических, эксплуатационных и экономических показателей. К основным метрологическим показателям относятся:

## 25. Значения допускаемых погрешностей измерений (в мкм)

| Квалитет | Номинальные       |                   |                   |                  |                   |                   |
|----------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|
|          | До 3              | Св. 3<br>до 6     | Св. 6<br>до 10    | Св. 10<br>до 18  | Св. 18<br>до 30   | Св. 30<br>до 50   |
| 2        | $\frac{1,2}{0,4}$ | $\frac{1,5}{0,6}$ | $\frac{1,5}{0,6}$ | $\frac{2}{0,8}$  | $\frac{2,5}{1,0}$ | $\frac{2,5}{1,0}$ |
| 3        | $\frac{2}{0,8}$   | $\frac{2,5}{1,0}$ | $\frac{2,5}{1,0}$ | $\frac{3}{1,2}$  | $\frac{4}{1,4}$   | $\frac{4}{1,4}$   |
| 4        | $\frac{3}{1,0}$   | $\frac{4}{1,4}$   | $\frac{4}{1,4}$   | $\frac{5}{1,6}$  | $\frac{6}{2}$     | $\frac{7}{2,4}$   |
| 5        | $\frac{4}{1,4}$   | $\frac{5}{1,6}$   | $\frac{6}{2}$     | $\frac{8}{2,8}$  | $\frac{9}{3}$     | $\frac{11}{4}$    |
| 6        | $\frac{6}{1,8}$   | $\frac{8}{2}$     | $\frac{9}{2}$     | $\frac{11}{3}$   | $\frac{13}{4}$    | $\frac{16}{5}$    |
| 7        | $\frac{10}{3}$    | $\frac{12}{3}$    | $\frac{15}{4}$    | $\frac{18}{5}$   | $\frac{21}{6}$    | $\frac{25}{7}$    |
| 8        | $\frac{14}{3}$    | $\frac{18}{4}$    | $\frac{22}{5}$    | $\frac{27}{7}$   | $\frac{33}{8}$    | $\frac{39}{10}$   |
| 9        | $\frac{25}{6}$    | $\frac{30}{8}$    | $\frac{36}{9}$    | $\frac{43}{10}$  | $\frac{52}{12}$   | $\frac{62}{16}$   |
| 10       | $\frac{40}{8}$    | $\frac{48}{10}$   | $\frac{58}{12}$   | $\frac{70}{14}$  | $\frac{84}{18}$   | $\frac{100}{20}$  |
| 11       | $\frac{60}{12}$   | $\frac{75}{16}$   | $\frac{90}{18}$   | $\frac{110}{30}$ | $\frac{130}{30}$  | $\frac{160}{40}$  |
| 12       | $\frac{100}{20}$  | $\frac{120}{30}$  | $\frac{150}{30}$  | $\frac{180}{40}$ | $\frac{210}{50}$  | $\frac{250}{50}$  |
| 13       | $\frac{140}{30}$  | $\frac{180}{40}$  | $\frac{220}{50}$  | $\frac{270}{60}$ | $\frac{330}{70}$  | $\frac{390}{80}$  |

по ГОСТ 8.051—81 (в числителе значения Т, в знаменателе δ)

размеры, мм

| Св. 50<br>до 80   | Св. 80<br>до 120  | Св. 120<br>до 180 | Св. 180<br>до 250 | Св. 250<br>до 315 | Св. 315<br>до 400 | Св. 400<br>до 500 |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| $\frac{3}{1,2}$   | $\frac{4}{1,6}$   | $\frac{5}{2}$     | $\frac{7}{2,8}$   | $\frac{8}{3}$     | $\frac{9}{3}$     | $\frac{10}{4}$    |
| $\frac{5}{1,8}$   | $\frac{6}{2}$     | $\frac{8}{2,8}$   | $\frac{10}{4}$    | $\frac{12}{4}$    | $\frac{13}{5}$    | $\frac{15}{5}$    |
| $\frac{8}{2,8}$   | $\frac{10}{3}$    | $\frac{12}{4}$    | $\frac{14}{5}$    | $\frac{16}{5}$    | $\frac{18}{6}$    | $\frac{20}{6}$    |
| $\frac{13}{4}$    | $\frac{15}{5}$    | $\frac{18}{6}$    | $\frac{20}{7}$    | $\frac{23}{8}$    | $\frac{25}{9}$    | $\frac{27}{9}$    |
| $\frac{19}{5}$    | $\frac{22}{6}$    | $\frac{25}{7}$    | $\frac{29}{8}$    | $\frac{32}{10}$   | $\frac{36}{10}$   | $\frac{40}{12}$   |
| $\frac{30}{9}$    | $\frac{35}{10}$   | $\frac{40}{12}$   | $\frac{46}{12}$   | $\frac{52}{14}$   | $\frac{57}{16}$   | $\frac{63}{18}$   |
| $\frac{46}{12}$   | $\frac{54}{12}$   | $\frac{63}{16}$   | $\frac{72}{18}$   | $\frac{81}{20}$   | $\frac{89}{24}$   | $\frac{97}{26}$   |
| $\frac{74}{18}$   | $\frac{87}{20}$   | $\frac{100}{30}$  | $\frac{115}{30}$  | $\frac{130}{30}$  | $\frac{140}{40}$  | $\frac{155}{40}$  |
| $\frac{120}{30}$  | $\frac{140}{30}$  | $\frac{160}{40}$  | $\frac{185}{40}$  | $\frac{210}{50}$  | $\frac{230}{50}$  | $\frac{250}{50}$  |
| $\frac{190}{40}$  | $\frac{220}{50}$  | $\frac{250}{50}$  | $\frac{290}{60}$  | $\frac{320}{70}$  | $\frac{360}{80}$  | $\frac{400}{80}$  |
| $\frac{300}{60}$  | $\frac{350}{70}$  | $\frac{400}{80}$  | $\frac{460}{100}$ | $\frac{520}{120}$ | $\frac{570}{120}$ | $\frac{630}{140}$ |
| $\frac{460}{100}$ | $\frac{540}{120}$ | $\frac{630}{140}$ | $\frac{720}{160}$ | $\frac{810}{180}$ | $\frac{890}{180}$ | $\frac{970}{200}$ |

| Квалитет | Номинальные        |                    |                    |                    |                    |                    |
|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|          | До 3               | Св. 3<br>до 6      | Св. 6<br>до 10     | Св. 10<br>до 18    | Св. 18<br>до 30    | Св. 30<br>до 50    |
| 14       | $\frac{250}{50}$   | $\frac{300}{60}$   | $\frac{360}{80}$   | $\frac{430}{90}$   | $\frac{520}{120}$  | $\frac{620}{140}$  |
| 15       | $\frac{400}{80}$   | $\frac{480}{100}$  | $\frac{580}{120}$  | $\frac{700}{140}$  | $\frac{840}{180}$  | $\frac{1000}{200}$ |
| 16       | $\frac{600}{120}$  | $\frac{750}{160}$  | $\frac{900}{200}$  | $\frac{1100}{240}$ | $\frac{1300}{280}$ | $\frac{1600}{320}$ |
| 17       | $\frac{1000}{200}$ | $\frac{1200}{340}$ | $\frac{1500}{300}$ | $\frac{1800}{380}$ | $\frac{2100}{440}$ | $\frac{2500}{500}$ |

цена деления шкалы, диапазон показаний, диапазон измерений, предел измерений, допускаемая погрешность средства измерения и измерительное усилие.

*Цена деления шкалы* — разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы.

*Диапазон показаний* — область значений шкалы, ограниченная ее начальным и конечным значениями.

*Диапазон измерений* — область значений измеряемой величины, в пределах которой нормированы допустимые погрешности средства измерений.

*Предел измерений* — наименьшее или наибольшее значение диапазона измерений.

*Допустимая погрешность средства измерения* — наибольшая погрешность, при которой измерительное устройство может быть допущено к применению. При выборе средств измерений нужно стремиться, чтобы погрешность измерения была незначительной по сравнению с допуском измеряемого параметра изделия.

*Погрешность измерений* — отклонение результата измерения от действительного значения. В табл. 25 приведены допускаемые погрешности измерений  $\delta$  в зависимости от допусков  $T$ . Приведенные погрешности измерений

Продолжение табл. 25

| размеры, мм        |                    |                    |                     |                     |                     |                     |
|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Св. 50<br>до 80    | Св. 80<br>до 120   | Св. 120<br>до 180  | Св. 180<br>до 250   | Св. 250<br>до 315   | Св. 315<br>до 400   | Св. 400<br>до 500   |
| $\frac{740}{160}$  | $\frac{870}{180}$  | $\frac{1000}{200}$ | $\frac{1150}{240}$  | $\frac{1300}{260}$  | $\frac{1400}{280}$  | $\frac{1550}{320}$  |
| $\frac{1200}{240}$ | $\frac{1400}{280}$ | $\frac{1600}{320}$ | $\frac{1850}{380}$  | $\frac{2100}{440}$  | $\frac{2300}{460}$  | $\frac{2500}{500}$  |
| $\frac{1900}{400}$ | $\frac{2200}{440}$ | $\frac{2500}{500}$ | $\frac{2900}{600}$  | $\frac{3200}{700}$  | $\frac{3600}{800}$  | $\frac{4000}{800}$  |
| $\frac{3000}{600}$ | $\frac{3500}{700}$ | $\frac{4000}{800}$ | $\frac{4600}{1000}$ | $\frac{5200}{1100}$ | $\frac{5700}{1200}$ | $\frac{6300}{1400}$ |

включают в себя все составляющие, зависящие от измерительных средств, установочных мер, температурных деформаций, базирования и т. д.

### МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

Различают прямые и косвенные измерения. При *прямых измерениях* искомое значение измеряемой величины находят непосредственно из опытных данных. При *косвенных измерениях* искомое значение величины находят вычислением по известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям. Измерения могут быть осуществлены методами непосредственной оценки и сравнения.

*Метод непосредственной оценки* — метод измерений, при котором значение измеряемой величины определяют непосредственно прямым измерением, т. е. по шкале прибора.

*Метод сравнения* — метод, при котором определяют отклонение измеряемой величины от известного размера установочной меры или образца.

Метод измерения может быть контактным и бесконтактным. При *контактном* методе измерения измеритель-

ные наконечники прибора соприкасаются с поверхностью измеряемого объекта, а при *бесконтактном* — указанный контакт отсутствует.

**Измерение больших длин и диаметров.** Прямые измерения больших длин и диаметров осуществляют с помощью микрометров, скоб, штангенциркулей, масштабных линеек, рулеток, нутромеров различных типов и конструкций. Косвенные методы измерения приведены в табл. 26.

**Измерение цилиндрических деталей малых размеров.** Для измерения малых наружных размеров цилиндрических деталей применяют калибры и универсальные средства: механические, оптические, пневматические и др. Для деталей малой жесткости используют контактные измерительные средства с малыми усилиями измерения (до  $1 \pm 0,25$  Н), а также бесконтактные измерительные средства.

Для измерения диаметров отверстий малых размеров (до 3 мм) применяют аттестованные проволочки диаметром 0,5—3 мм; пневматические приборы, оптические нутромеры для диаметров отверстий от 2 мм, нутромеры с конической иглой, контактно-оптический микроскоп для отверстий диаметром 0,05—2 мм. Для отверстий диаметром до 1 мм в основном используют измерительные микроскопы, перфолектомеры и проекторы.

**Измерение отклонений формы и расположения поверхностей.** Для измерения отклонений от прямолинейности и плоскостности применяют следующие методы: 1) механические (измерение с помощью поверочных линеек, плит, натянутой струны, карусельного плоскомера); 2) гидростатические (измерение методом свободно налитой жидкости, сообщающихся сосудов и с помощью уровня); 3) оптико-механические (автоколлимационные и коллимационные методы, метод визирования); 4) оптические (измерение плоскими стеклянными пластинами и интерферометрами).

**Измерения отклонений от прямолинейности поверочными линейками** (ГОСТ 8026—75) типов ЛД, ЛТ и ЛЧ осуществляют «на просвет», а линейками типов ШП, ШД и ШМ — методом линейных отклонений. При проверке «на просвет» лекальную линейку рабочим ребром помещают на прове-

## 26. Методы измерения больших диаметров и длин

Схема измерения

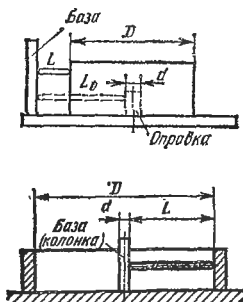
Краткое описание

## Метод опоясывания

—

Диаметр детали определяют по результатам измерения длины окружности с помощью рулетки или металлической ленты. Диаметр  $D = \frac{L}{\pi}$ , где  $L$  — длина окружности

## Метод измерения от дополнительных баз



Измерения осуществляют с помощью специальных упоров, колонок, частей стоек, поверхностей измеряемой детали

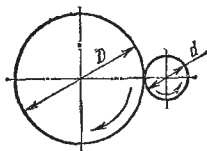
Наружный диаметр

$$D = 2 \left( L_0 - L + \frac{d}{2} \right)$$

Внутренний диаметр

$$D = 2L + d$$

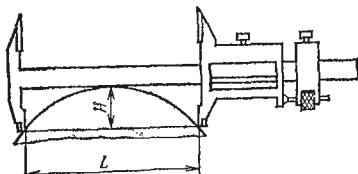
## Метод измерения с помощью вращающегося ролика



$$\text{Диаметр } D = \frac{m}{n} d,$$

где  $m$  и  $n$  — частота вращения ролика и детали

## Метод измерения диаметра по хорде и высоте сегмента

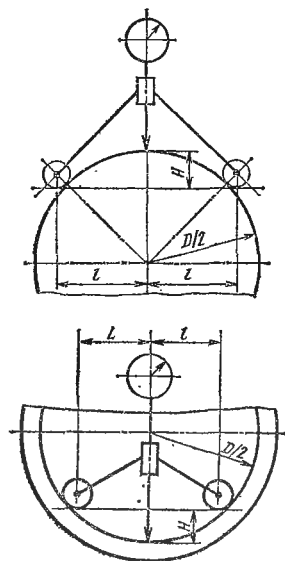


При измерении с помощью штангенциркуля диаметр

$$D = \frac{L^2}{4H} + H$$



## Схема измерения



## Краткое описание

При измерении наружных и внутренних диаметров седлообразным прибором с роликами отклонение от номинала

$$\Delta D = - \left( \frac{l^2}{H^2} - 1 \right) \Delta H$$

Знак минус показывает, что при увеличении высоты сегмента диаметр уменьшается. Установку прибора на нуль осуществляют на плите с помощью плоскопараллельных мер длины.

Цена деления прибора

$$a = \left( \frac{l^2}{H^2} - 1 \right) a',$$

где  $a'$  — цена деления измерительной головки.

Размер блока концевых мер длины определяют по формулам:

для наружных диаметров

$$H = \frac{D + d}{2} -$$

$$- \sqrt{\left( \frac{D + d}{2} \right)^2 - l^2};$$

для внутренних диаметров

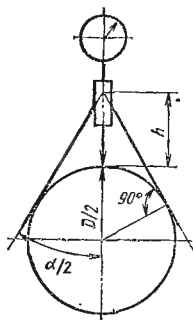
$$H = \frac{D - d}{2} -$$

$$- \sqrt{\left( \frac{D - d}{2} \right)^2 - l^2},$$

где  $d$  — диаметр ролика

Продолжение табл. 26

## Схема измерения



## Краткое описание

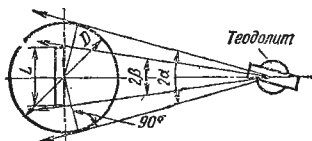
При измерении седлообразным прибором с клиновыми вставками отклонение от номинала

$$\Delta D = \frac{2 \sin \alpha/2}{1 - \sin \alpha/2} \Delta h,$$

где  $\Delta h$  — измеряемое приращение размера  $h$

Установку на нуль проводят по шаблонам, аттестованной детали или на специальном приспособлении

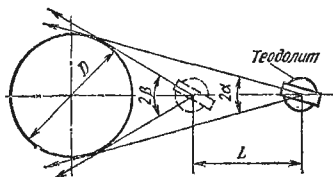
## Геометрические методы измерения



Теодолитом, установленным в фиксированной точке, измеряют углы  $2\alpha$  и  $2\beta$ . Диаметр детали

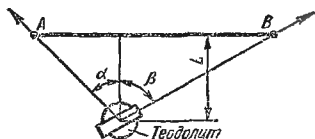
$$D = \frac{L \sin \alpha}{\operatorname{tg} \beta},$$

где  $L$  — размер образца



Теодолит устанавливают сначала в одной точке, а затем в другой на расстоянии  $L$  и измеряют углы  $2\alpha$  и  $2\beta$ . Диаметр детали

$$D = 2L \frac{\sin \alpha \sin \beta}{\sin \beta - \sin \alpha}$$



Длина измеряемой детали

$$AB = L (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta)$$

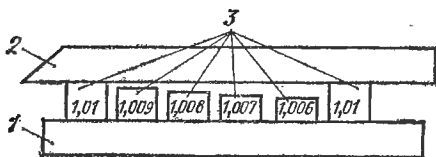


Рис. 15. «Образец просвета»:

1 — стеклянная плоская пластинка; 2 — лекальная линейка; 3 — концевые меры длины

ряемую поверхность и на глаз оценивают просвет между ними. Для более точной оценки используют «образец просвета» (рис. 15). Погрешность сличения «на просвет» 1—2 мкм при просветах до 5 мкм и 2—3 мкм при просветах до 10 мкм. Для зазоров более 10 мкм этот метод не рекомендуется.

При проверке методом линейных отклонений линейку устанавливают на две одинаковые опоры, расположенные на проверяемой поверхности, и определяют расстояние между рабочей поверхностью поверочной линейки и контролируемой поверхностью с помощью щупов, концевых мер длины или специального прибора с измерительной головкой.

На рис. 16 приведена схема измерения отклонения от прямолинейности с помощью поверочной плиты (ГОСТ 10905—86) и измерительной головки. Проверяемую деталь 2 устанавливают так, чтобы две точки проверяемого отрезка находились на одинаковом расстоянии от плоской поверхности поверочной плиты 1. Отклонение от прямолинейности определяют как разность между наибольшим и наименьшим показанием измерительной головки 3. Если нужно определить отклонение от прямолинейности линии пересечения двух плоскостей, то плоскость измерения должна проходить через биссектрису угла между обеими плоскостями (рис. 17).

На рис. 18 приведена схема измерения отклонения от плоскостности. Отклонение от плоскостности определяют как разность между наибольшим и наименьшим показанием измерительной головки при перемещении последней

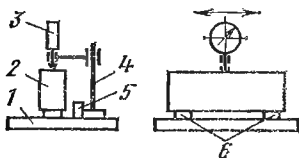


Рис. 16. Схема измерения отклонения от прямолинейности:

1 — поверочная плита; 2 — деталь; 3 — измерительная головка; 4 — штатив; 5 — направляющий упор; 6 — подкладки

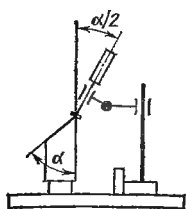
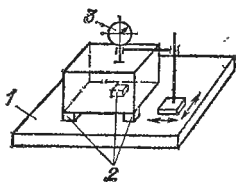


Рис. 17. Схема измерения отклонения от прямолинейности линии пересечения двух плоскостей

Рис. 18. Схема измерения отклонения от плоскостности:

1 — поверочная плита; 2 — подкладки; 3 — измерительная головка



над всеми точками проверяемой поверхности. При измерении плоскостности с помощью поверочной линейки определяют отклонения от прямолинейности в отдельных сечениях поверхности.

Измерение отклонения от плоскостности методом «на краску» осуществляют поверочными линейками типов ШП, ШД, ШМ и УТ с широкой рабочей поверхностью и плитами. При этом линейку или плиту, покрытую тонким слоем краски (смесь берлинской лазури), перемещают без нажима по проверяемой поверхности, а качество поверхности оценивают равномерностью и числом пятен на площади размером  $25 \times 25$  мм в нескольких местах; погрешность измерения примерно 3—5 мкм. Непосредственное измерение отклонения от плоскостности возможно с помощью карусельного плоскомера.

Уровни применяют для измерения отклонений от прямолинейности и плоскостности поверхностей больших деталей шаговым методом. Сущность метода заключается в последовательном измерении смещения отдельных точек проверяемой поверхности относительно предыдущей точки. Уровень 2 (рис. 19), установленный на мостике 1, перемещают по проверяемой поверхности, так, чтобы задняя опора мостика каждый раз устанавливалась на место передней, и отсчитывают показания уровня. По показаниям уровня строят график отклонений точек проверяемой поверхности относительно горизонтальной плоскости, проходящей через нулевую точку, и определяют отклонения от прямой, соединяющей концы кривой профиля. Отклонение от плоскостности с помощью уровня измеряют путем определения отклонений от прямолинейности в отдельных сечениях с определенным шагом.

Для измерения отклонения от прямолинейности образующих длиной до 150 мм, наружных и внутренних по-

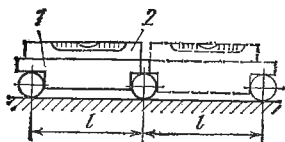


Рис. 19. Схема измерения отклонения от прямолинейности с помощью уровня:

1 — мостик; 2 — уровень;  
l — шаг измерения

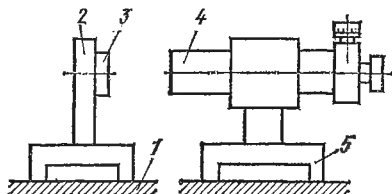


Рис. 20. Схема автоколлимационного метода измерения

верхностей различных деталей массой до 8 кг может быть использован прибор мод. БВ-6065.

В качестве образцовой прямой в приборе используют траекторию перемещения каретки аэростатического столика, движущейся относительно опоры на воздушной подушке.

Для измерения отклонения от прямолинейности вертикальных поверхностей может быть использован прибор мод. БВ-6129.

Измерения автоколлимационным и коллимационным методами относят к шаговым методам измерения. При измерении автоколлимационным методом на проверяемую поверхность 1 (рис. 20) устанавливают плоское зеркало 3, закрепленное на подставке 2, с двумя опорами, расстояние между которыми соответствует выбранному шагу измерения. Автоколлиматор 4, закрепленный на подставке 5, помещают на массивную опору рядом с проверяемой поверхностью. Зеркало должно быть расположено так, чтобы оптическая

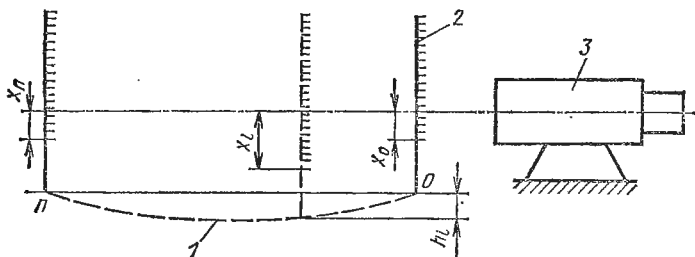
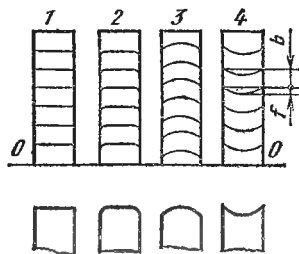


Рис. 21. Схема измерения методом визирования:

$$x_n = x_0; \quad h_i = x_i - x_0$$

Рис. 22. Интерференционные картины:

1 — правильная поверхность; 2 — по краям имеются завалы; 3 — выпуклая поверхность; 4 — вогнутая поверхность



ось автоколлиматора была перпендикулярна зеркалу изображения марки автоколлиматора и занимало осевое положение в поле зрения окуляра. При последовательном перемещении подставки с зеркалом на шаг измерения по исследуемой поверхности отклонения от прямолинейности (плоскостности) вызывают наклоны зеркала относительно оптической оси автоколлиматора. Отсчет углов наклонов осуществляют с помощью окулярного микроскопа или окулярной сетки автоколлиматора.

При измерении коллимационным методом применяют зрительную трубу и коллиматор, перемещаемый по исследуемой поверхности. В этом случае измеряют углы наклона, образованные оптическими осями коллиматора и зрительной трубы.

При измерении методом визирования (рис. 21) оптическую ось зрительной трубы 3 устанавливают параллельно прямой, проходящей через крайние точки контролируемой поверхности 1. Визирную марку 2 помещают последовательно во все проверяемые точки и отсчитывают  $x_i$  по оптическому микрометру зрительной трубы. Для этого применяют визирные зрительные трубы ППС-11, ППС-12, оптическую струну мод. ДП-477, оптические линейки ИС-36, ИС-43, ИС-60 (бесконтактная).

Использование автоколлиматоров и зрительных труб для измерения отклонений от плоскостности поверхностей требует больших затрат времени. Поэтому более эффективным является использование оптических плоскомеров (ИС-41М), которые позволяют непосредственно определить отклонение от плоскостности.

Измерение отклонения от плоскостности с помощью плоских стеклянных пластин ПИ-60, ПИ-80, ПИ-100, ПИ-120 (ГОСТ 2923—75) осуществляют для точного контроля малых доведенных поверхностей (до 120 мм), отклонение от плоскостности которых не превышает 1,5 мкм. При наложении пластинки с небольшим накло-

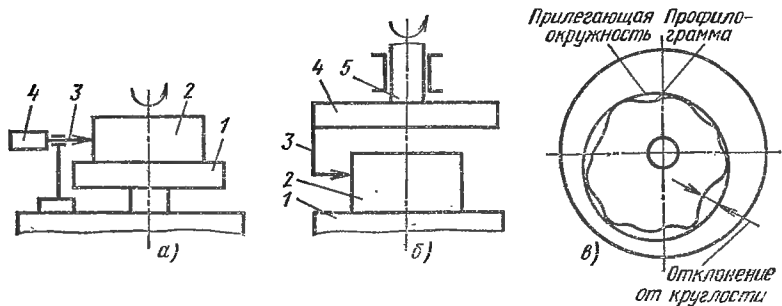


Рис. 23. Схема измерения отклонения от круглости на кругломерах: а — с вращающимся столиком; б — с вращающимся шпинделем; в — профилограмма; 1 — стол; 2 — проверяемая деталь; 3 — наконечник преобразователя; 4 — преобразователь; 5 — шпиндель

ном на проверяемую поверхность появляются интерференционные полосы, по характеру и величине искривления которых судят об отклонении от плоскостности (рис. 22).

Величина отклонения от плоскостности  $H = \frac{f}{b} \frac{\lambda}{2}$ , где  $f$  — стрела прогиба полосы;  $b$  — ширина полосы;  $\lambda$  — длина волны; при измерении в белом свете  $\frac{\lambda}{2} = 0,3$  мкм.

При отсутствии огранки с нечетным числом граней и изогнутости отклонение от цилиндричности приближенно может быть определено как полуразность между наибольшим и наименьшим диаметром поверхности, измеренным двухконтактными приборами в различных сечениях и направлениях. Когда деталь имеет огранку с нечетным числом граней или изогнутость, то для косвенного определения отклонения от цилиндричности эти диаметры измеряют отдельно и суммируются с полуразностью наибольшего и наименьшего диаметров.

Наиболее полно отклонение от круглости может быть измерено путем сличения профиля контролируемой детали в поперечном сечении с эталонной окружностью, воспроизводимой вращением прецизионного шпинделя или стола прибора с проверяемой деталью вокруг базовой оси (рис. 23). Для этого используют специальные приборы — кругломеры мод.

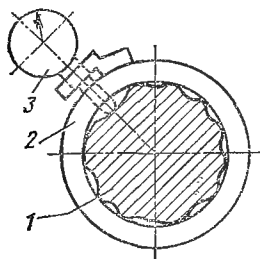


Рис. 24. Схема измерения отклонения от круглости в кольце

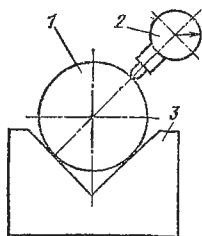


Рис. 25. Схема измерения овальности:

1 — проверяемая деталь; 2 — измерительная головка; 3 — призма

256, 258, 289, 290. При измерении деталь предварительно центрируют относительно оси вращения, а увеличенные перемещения наконечника преобразователя записывают в полярной системе координат на бумажном диске (круглограмме). Для оценки отклонения от круглости используют прозрачный шаблон с концентричными окружностями, укладываемый на круглограмму.

На рис. 24 показана схема измерения отклонения от круглости в кольце. При этом внутренний диаметр кольца 2 должен быть равен диаметру прилегающей окружности. При измерении вращают кольцо или деталь 1 и определяют наибольшее отклонение стрелки измерительной головки 3. При этом овальность и огранку с четным числом граней определяют как полуразность между наибольшим и наименьшим диаметром сечения, измеренными в трех направлениях через  $60^\circ$ .

На рис. 25 показана схема измерения овальности на призме с помощью измерительной головки в направлении, перпендикулярном одной из граней призмы. Овальность равна полуразности между наибольшим и наименьшим показанием прибора.

Огранку с нечетным числом граней часто определяют трехконтактным методом. Для этого используют устройство, состоящее из V-образной призмы и измерительной головки (рис. 26). Величина огранки  $\Delta = sk^{-1}$ , где  $s$  — наибольшая разность в показаниях измерительной головки;  $k$  — коэффициент воспроизведения огранки, который зависит от числа граней в сечении и углов ( $\alpha$  и  $\beta$ ),



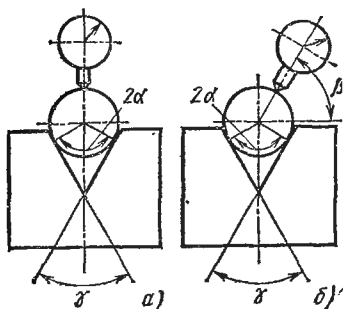


Рис. 26. Схема измерения огранки с нечетным числом граней:

а — симметричное устройство;  
б — несимметричное устройство

27. Значения коэффициента  $k$  для симметричных трехконтактных устройств (рис. 26, а)

| Число граней $n$ | Угол призмы $\gamma^\circ$ | Коэффициент $k$ |
|------------------|----------------------------|-----------------|
| 2; 5; 9          | 130                        | $\approx 1,7$   |
| 5; 7             | 120                        | 2               |
| 3; 9             | 120                        | 1               |
| 3; 5             | 90                         | 2               |
| 3; 9             | 60                         | 3               |
| 7; 9             | 45                         | 2               |

характеризующих взаимное расположение наконечников трехконтактного устройства (табл. 27). Из несимметричных трехконтактных устройств наибольшей универсальностью обладают схемы со следующими параметрами:  $\gamma = 120^\circ$  и  $\beta = 30^\circ$ ;  $\gamma = 60^\circ$  и  $\beta = 60^\circ$ . Такие схемы для  $n$ , равного 3, 5, 7, 9, 15, 17, 19, 21, 27, 29, 31, 33 и т. д., имеют одинаковый  $k = 2$ . Огранку с числом граней по длине окружности более восьми — девяти относят к волнистости поверхности цилиндрических деталей.

Отклонения профиля продольного сечения определяют путем измерения отклонения от прямолинейности контролируемой детали. Для этого при одной установке детали записывают профилограммы обеих образующих, принадлежащих одному продольному сечению. На записанных профилограммах проводят приле-

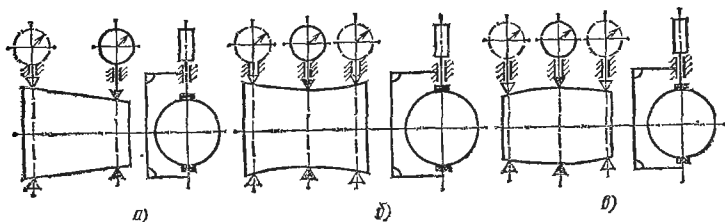
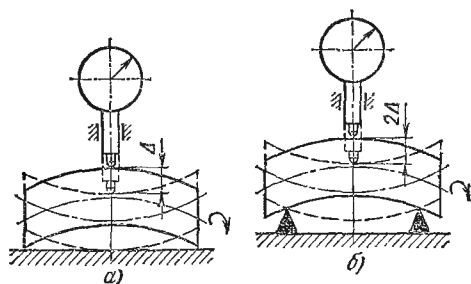


Рис. 27. Схемы измерения конусообразности (а), седлообразности (б) и бочкообразности (в)

Рис. 28. Схемы измерения изогнутости:

а — на плите; б — на по-  
жевых опорах



гающий профиль (пару параллельных прямых) и от сторон последнего в перпендикулярном направлении определяют наибольшее отклонение точек профилотраффов. Полученная величина с учетом масштаба увеличения характеризует отклонение профиля продольного сечения.

При отсутствии изогнутости отклонение профиля продольного сечения определяют как полуразность наибольшего и наименьшего диаметров сечений, измеренных двухконтфтным прибором.

Конусообразность, бочкообразность и седлообразность измеряют двухконтфтными приборами (рис. 27).

Измерение изогнутости показано на рис. 28. При измерении по первой схеме (рис. 28, а) изогнутость равна размаху показаний измерительной головки, а при измерении по второй схеме (рис. 28, б) — половине размаха показаний.

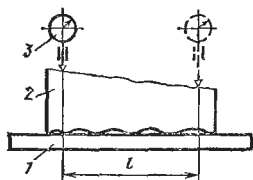
Расположение поверхностей измеряют с помощью методов, приведенных в табл. 28.

Параметры шероховатости поверхности измеряют бесконтактными методами с помощью приборов светового сечения (ПСС), теневого сечения (ПТС), растровых микроскопов (ОРИМ) и микроинтерферометров (МИИ), а также контактными методами с помощью щуповых приборов. Наибольшее распространение получили электромеханические щуповые приборы (профилотрафы и профилотметры). Профилотметры предназначены для непосредственного определения среднего арифметического отклонения профиля поверхности  $Ra$ , а профилотрафы — для записи профиля поверхности в виде профилотраффов. На производстве применяют профилотрафы — профилотметры мод. 201, 252 и профилотметры мод.

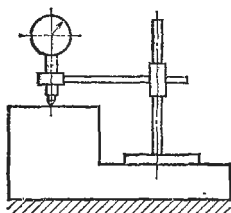
## 28. Методы измерения расположения поверхностей

## Схема измерения и краткое описание

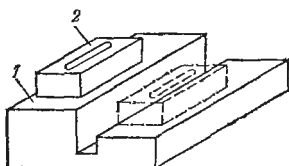
## Измерение отклонения от параллельности плоскостей



Деталь 2 устанавливают базовой плоской поверхностью на поверочную плиту 1 и, перемещая измерительную головку 3 параллельно плоской поверхности поверочной плиты, определяют разность показаний измерительной головки в различных точках проверяемой поверхности на заданной площади или длине. Отклонение от плоскостности проверяемой поверхности в этом случае войдет в результат измерения как погрешность измерения

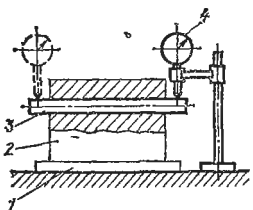


Перемещая штатив по одной из контролируемых плоскостей, а наконечник измерительной головки по другой, определяют разность отсчетов по прибору на заданной длине



Уровень 2 последовательно укладывают на контролируемые поверхности детали 1 и определяют разность показаний. При этом способе измерения контролируемые поверхности должны занимать примерно горизонтальное положение

## Измерение отклонения от параллельности оси (отверстия, вала) и плоскости

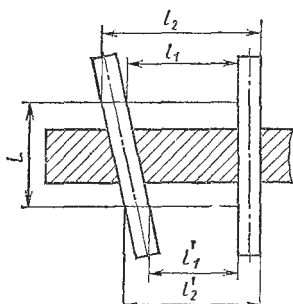


Деталь 2 устанавливают на поверочную плиту 1 так, чтобы проверяемая плоская поверхность была параллельна плоской поверхности плиты. Положение оси отверстия при измерении определяют по образующей оправки 3. Непараллельность равна разности показаний измерительной головки 4 в двух положениях

Продолжение табл. 28

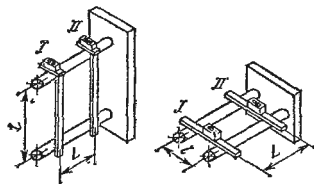
## Схема измерения и краткое описание

## Измерение отклонения от параллельности осей отверстий и валов



Отклонение от параллельности осей определяют по результатам измерения размеров  $l_1$  и  $l'_1$  или  $l_2$  и  $l'_2$  на заданной длине  $L$  с помощью концевых мер длины, микрометра, штангенциркуля или другого прибора

## Измерение перекаса осей



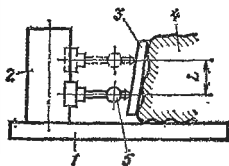
Наиболее универсальным методом является измерение с помощью уровня.

Величина перекаса по длине

$$\Delta y = \frac{nc}{1000} l,$$

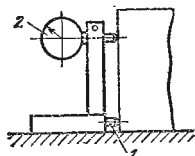
где  $n$  — разность показаний уровня в числах делений шкалы измерительной головки 5, перемещающейся по колонке 2 перпендикулярно к плоскости плиты. С помощью плоскопараллельной пластины 3, накладываемой на проверочную поверхность, исключают влияние погрешностей формы этой поверхности

## Измерение отклонения от перпендикулярности плоскостей

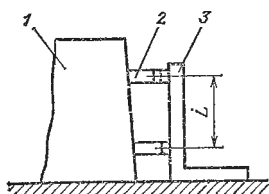


Деталь 4 устанавливают базой на проверочную плиту 1 и определяют на заданной длине разность показаний измерительной головки 5, перемещающейся по колонке 2 перпендикулярно к плоскости плиты. С помощью плоскопараллельной пластины 3, накладываемой на проверочную поверхность, исключают влияние погрешностей формы этой поверхности

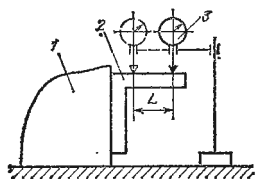
### Схема измерения и краткое описание



При измерении используют неподвижный упор 1 и производят один отсчет. Измерительную головку 2 настраивают на нуль по угольнику

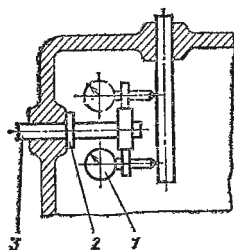


При измерении с помощью концевых мер длины или щупов 2 определяют в двух точках расстояние от грани угольника 3 до проверяемой поверхности детали 1. Разность расстояний и есть отклонение от перпендикулярности на заданной длине  $L$



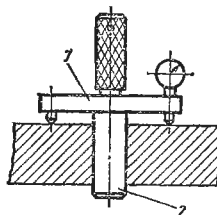
Отклонение от перпендикулярности на заданной длине определяют по параллельности свободной грани угольника 2, приложенного к проверяемой поверхности детали 1. Отклонение от перпендикулярности проверяемой поверхности детали на заданной длине  $L$  равно разности показаний измерительной головки 3

### Измерение отклонения от перпендикулярности осей

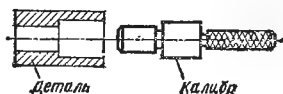


Оправку 3 с измерительной головкой 1 поворачивают на  $180^\circ$ . Ее положение в осевом направлении фиксируют упором 2. Отклонение от перпендикулярности на длине, равной двум вылетам измерительной головки, равно разности двух отсчетов

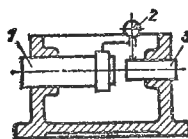
## Схема измерения и краткое описание

**Измерение отклонения от перпендикулярности оси к плоскости**

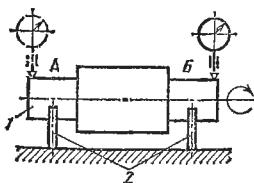
Если направление не указано, то измерительное устройство 1 поворачивают вокруг оси оправки 2 и при этом фиксируют наибольшее показание измерительной головки

**Измерение отклонения от соосности**

При зависимых допусках отклонения от соосности целесообразно контролировать комплексными калибрами. Действительное отклонение от соосности определяют путем измерения радиального биения

**Измерение отклонения от соосности относительно оси базы**

Измерение проводят с помощью двух точных оправок 1, 3 и измерительной головки 2. Отклонение от соосности равно половине разности отсчетов по шкале измерительной головки за один оборот измерительного устройства

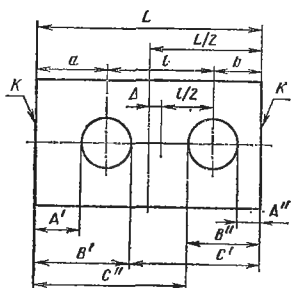
**Измерение отклонения от соосности относительно общей оси двух поверхностей**

Отклонение от соосности поверхностей А и В относительно их общей оси определяют при вращении детали 1 на двух ножевых опорах 2, находящихся в средних сечениях поверхностей А и В. Отклонение от соосности для каждой проверяемой поверхности равно половине радиального биения в крайних сечениях

### Схема измерения и краткое описание

#### Измерение отклонения от симметричности

При зависимых допусках симметричность целесообразно контролировать комплексными калибрами, аналогичными калибрам для контроля отклонения от соосности. Действительное отклонение от симметричности определяют с помощью универсальных средств измерения и специальных измерительных приспособлений



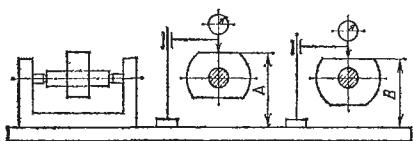
Отклонение от симметричности двух отверстий относительно плоскостей

$$\Delta = \frac{a - b}{2} = \frac{(A' + B') - (A'' + B'')}{4}$$

или

$$\Delta = \frac{a - b}{2} = \frac{(A' + C'') - (A'' + C')}{4}$$

Величины  $a$ ,  $b$ ,  $A'$ ,  $A''$ ,  $B'$ ,  $B''$ ,  $C'$  и  $C''$  измеряют универсальными средствами измерения



Деталь поворачивают на  $180^\circ$  и с помощью измерительной головки определяют полуразность расстояний  $A$  и  $B$ . Отклонение от симметричности

$$\Delta = \frac{C_A - C_B}{2},$$

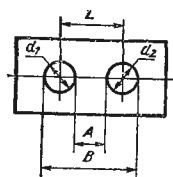
где  $C_A$  и  $C_B$  — показания измерительной головки в положениях детали  $A$  и  $B$

#### Измерение расстояний между осями отверстий

При зависимых допусках на межосевое расстояние контроль целесообразно проводить комплексными калибрами. Для небольших деталей могут быть использованы проекторы.

Продолжение табл. 28

## Схема измерения и краткое описание

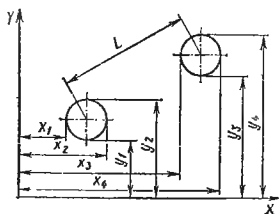


При определении межосевого расстояния универсальными средствами измерения необходимо измерить:

$$A, d_1 \text{ и } d_2, \text{ тогда } L = A + \frac{d_1 + d_2}{2};$$

$$B, d_1 \text{ и } d_2, \text{ тогда } L = B - \frac{d_1 + d_2}{2};$$

$$A \text{ и } B, \text{ тогда } L = \frac{A + B}{2}$$



При измерении межосевого расстояния:

а) координаты отсчитывают по краям контура отверстий; в этом случае

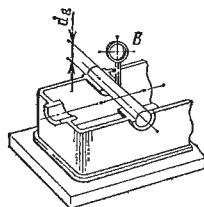
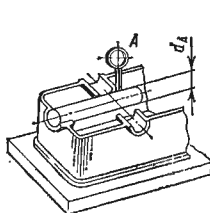
$$L = \frac{1}{2} \sqrt{(x_3 + x_4 - x_1 - x_2)^2 + (y_3 + y_4 - y_1 - y_2)^2}$$

б) координаты отсчитывают по центрам отверстий; в этом случае

$$L = \sqrt{(x'_2 - x'_1)^2 + (y'_2 - y'_1)^2},$$

где  $x'_1$  и  $y'_1$  — координаты первого отверстия;  $x'_2$  и  $y'_2$  — координаты второго отверстия.

## Измерение отклонения от пересечения осей



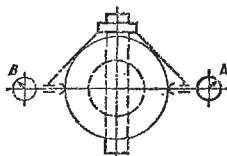
В сечении, соответствующем точке пересечения осей, измеряют высоту положения двух оправок, пригнанных к проверяемым отверстиям. Отклонение от пересечения осей

равно разности высот A и B с учетом диаметров оправок  $d_A$  и  $d_B$ :

$$\Delta = (A - B) - \frac{d_A - d_B}{2}$$



### Схема измерения и краткое описание

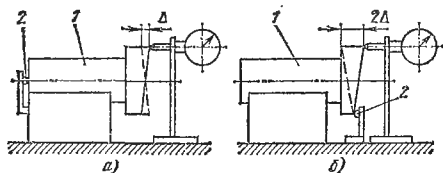


Отклонение от пересечения осей наружной и внутренней поверхности

$$\Delta = \frac{C_A - C_B}{2},$$

где  $C_A$  и  $C_B$  — показания головки в положениях  $A$  и  $B$

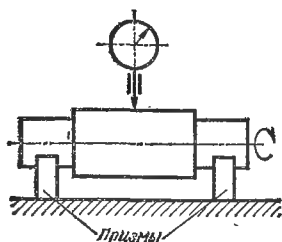
### Измерение торцового биения



Измеряемые детали 1 (схема а) устанавливают базами и фиксируют в осевом направлении упором 2 (схемы а, б). При расположении упора 2 по схеме б торцовое

биение  $\Delta$  равно половине разности между наибольшим и наименьшим показателем измерительной головки за один оборот детали

### Измерение радиального биения



Измеряемые детали устанавливают базами на призмы (в центрах, насаживают на ковчешную, цилиндрическую, ступенчатую или разжимную оправки). Измерение осуществляют с помощью измерительной головки, закрепляемой в стойке, универсальном штативе или специальном измерительном приспособлении. Радиальное бие-

ние определяют как разность между наибольшим и наименьшим показателем измерительной головки за один оборот детали

253, 283, 296. Параметры шероховатости в труднодоступных местах изделия, а также без снятия изделий со станка измеряют иммерсионно-репликовым интерферометром МИИ-10. В качестве материала для реплик применяют основу киноплёнки с известным показателем преломления. В аналогичных условиях для измерения параметров шероховатости может быть использован метод слепков. В качестве материалов для изготовления слепков применяют целлулоид, легкоплавкие сплавы, воск, гипс — хромпик, лак — цапон, парафин, масляную гуттаперчу, эпоксидные смолы и др.

На рабочих местах в цехах широко используют метод контроля шероховатости сравнением изделия со стандартным рабочим образцом шероховатости (ГОСТ 9378—75) или с аттестованной деталью. При этом шероховатость поверхности оценивают визуально-осязательным методом, с помощью лупы или специального микроскопа сравнения, позволяющих одновременно наблюдать поверхности образца и детали с увеличением приблизительно  $80\times$ .

**Измерение углов и конусов.** Для измерения углов и конусов применяют методы: сравнения; тригонометрические; гониометрические.

Измерение углов методами сравнения осуществляют сравнением их с угловыми мерами (призматическими угловыми мерами, угловыми шаблонами, угольниками и конусными калибрами).

Призматические угловые меры (ГОСТ 2875—75) бывают следующих типов: 1 — с одним рабочим углом со срезанной вершиной; 2 — с одним рабочим углом остроугольные; 3 — с четырьмя рабочими углами; 4 — многогранные с равномерным угловым шагом; 5 — с тремя рабочими углами (МУСЛ). Призматические угловые меры поставляют в наборах и россыпью по заказам.

На рис. 29, а показана схема контактного метода сравнения измеряемого угла изделия 1 с углом образцовой жесткой меры 2. Если угол изделия отличается от угла меры, то отсчет индикатора отличается от отсчета при установке меры на величину  $p$ . Отклонение угла  $\Delta\alpha = p/L$ . Так как размер  $L$  постоянен, то шкала индикатора может быть отградуирована в угловых величинах. Величина измеряемого угла равна алгебраической сумме измеряемой величины отклонения и действительного значения угла меры.

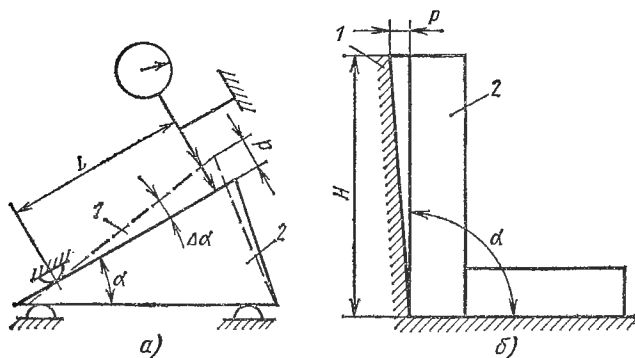


Рис. 29. Схемы измерения угла изделия методом сравнения:  
 а — с углом образцовой жесткой меры; б — с углом угольника

На рис. 29, б приведена схема измерения угла изделия 1 методом сравнения с углом угольника 2. При этом отклонение угла изделия  $\Delta\alpha = p/H$ . Поскольку размер  $H$  неизменен, то величина просвета может служить мерой отклонений в угловых величинах. Просвет может наблюдаться: 1) у конца стороны угольника — угол изделия больше угла угольника; 2) у вершины угла — угол изделия меньше угла угольника.

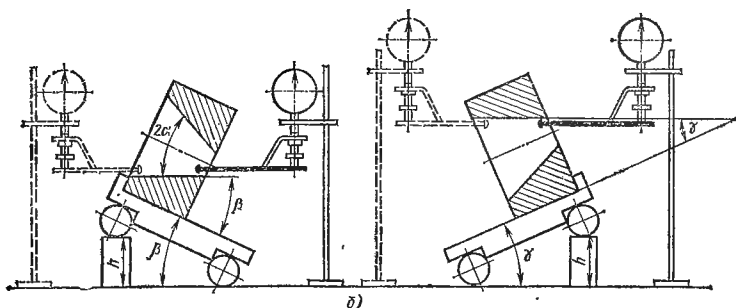
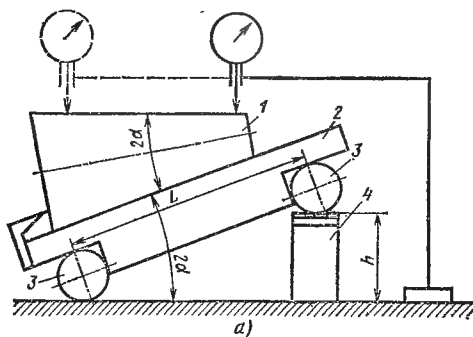
По ГОСТ 3749—77 поверочные угольники 90° размером до 1600 мм изготовляют следующих типов: УЛ — лекальные; УЛП — лекальные плоские, УЛЦ — лекальные цилиндрические; УП — слесарные плоские и УШ — слесарные с широким основанием. Лекальные угольники (УЛ, УЛП, УЛЦ) имеют точность 0 и 1-го классов, а слесарные — 0, 1 и 2-го классов.

С помощью калибров углы измеряют по прилеганию к поверхности калибра (по краске) и по базорасстоянию (по глубине погружения калибра-пробки в изготавливаемую втулку либо изготавливаемого хвостовика в калибр-втулку).

Измерение внутренних конусов путем сравнения с калибрами-втулками выполняют с помощью специальных приспособлений — индикаторных нутромеров, а также используя стандартные глубиномеры с двумя сменными специальными наконечниками, выполненными в форме дисков со сферической или торической боковой поверхностью.

Рис. 30. Схемы измерения угла на синусной линейке:

*a* — наружного конуса;  
*б* — внутреннего конуса



При тригонометрических (косвенных) методах измерения углов образцами служат углы прямоугольных треугольников, две стороны которых измеряют или воспроизводят с помощью средств и методов линейных измерений. Стандартными средствами измерения углов этим методом являются синусные линейки (ГОСТ 4046—80), которые выпускают типов: ЛС — без опорной плиты с одним наклоном; ЛСО — с опорной плитой с одним наклоном; ЛСД — с опорной плитой с двумя наклонами. Угол на синусной линейке

$$\sin \alpha = \frac{h}{L}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  — угол поворота линейки;  $h$  — размер установленного блока концевых мер, мм;  $L$  — расстояние между осями роликов линейки, мм.

При измерении угла наружного конуса 1 на синусной линейке 2 (рис. 30, а) под одним из роликов 3 подклады-

вают концевые меры 4, добиваясь того, чтобы показания точной измерительной головки по всей длине образующей конуса были одинаковы. Угол конуса

$$\sin 2\alpha = \frac{h}{L}.$$

На рис. 30, б приведена схема измерения угла внутреннего конуса втулки на синусной линейке. При этом угол конуса  $2\alpha = \gamma + \beta$ . Углы  $\gamma$  и  $\beta$  определяют по формуле (1). Базой для установки служит наружная поверхность втулки.

В табл. 29 приведены способы измерения углов конусов с помощью универсальных средств измерений.

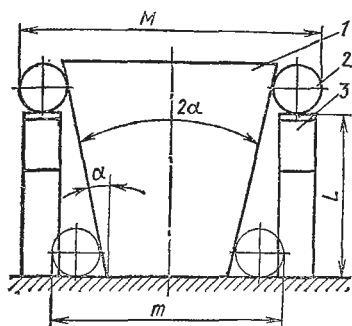
При измерении углов гониометрическим методом сравнивают измеряемый угол со шкалой лимба, встроенного в прибор. Характеристики некоторых приборов этой группы приведены в табл. 30. Применяют также рамные и брусковые уровни (ГОСТ 9392—75), контрольные уровни (ГОСТ 3059—75), уровни с микрометрической подачей ампулы (ГОСТ 11196—74), индуктивные уровни, измерительные микроскопы, оснащенные угломерными штриховыми головками, делительные столы, гониометры (ГОСТ 10021—84), теодолиты (ГОСТ 10529—86), интерференционные автоколлимационные приборы и др. Создана углоизмерительная система (ГОИЛ) с управлением от ЭВМ. Абсолютная систематическая погрешность 0,5".

**Измерение резьб.** Резьбы измеряют комплексным и дифференцированным (позлементным) методами. Комплексный метод измерения применяют для резьб, допуск среднего диаметра которых является суммарным. Он основан на одновременном контроле среднего диаметра, шага, половины угла профиля, внутреннего и наружного диаметров резьбы путем сравнения действительного контура резьбы с предельным по всей длине свинчивания. Для этого применяют резьбовые калибры, проекторы, а также специальные приборы, в которых измерительные поверхности, контактирующие с резьбой, имеют форму резьбовых гребенок или роликов. Наиболее широкое распространение из комплексных методов измерений имеют измерения с помощью резьбовых калибров. Конструкции, исполнительные размеры и допуски калибров для метрической резьбы регламентируют ГОСТ 17756—72—

## 29. Способы измерения углов конусов

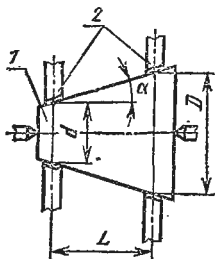
Схема измерения

Краткое описание



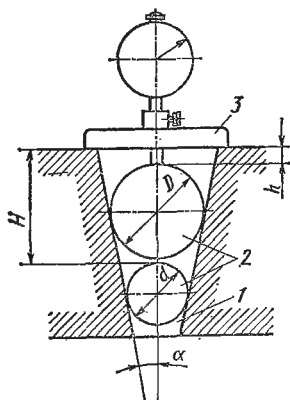
Углы конусов и клиньев 1 измеряют с помощью калиброванных шариков 2 (или цилиндрических роликов) и плоскопараллельных концевых мер длины 3

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{M - m}{2L}$$



При измерении угла конуса 1 на универсальном измерительном микроскопе с помощью ножей 2

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D - d}{2L}$$

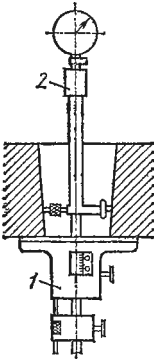


Измерение внутренних конусов и глубоких угловых пазов 1 осуществляют с помощью двух шариков или роликов 2. Искомый угол

$$\sin \alpha = \frac{0,5 (D - d)}{H - h - 0,5 (D - d)}$$

где  $D$  и  $d$  — диаметры аттестованных шариков или роликов; размеры  $H$  и  $h$  определяют с помощью глубиномера 3

Продолжение табл. 29

| Схема измерения                                                                   | Краткое описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>Измерение внутренних конусов осуществляют с помощью нутромера 2 и штангенглубиномера 1. Штангенглубиномер используют в качестве упора. Искомый угол</p> $\operatorname{tg} \alpha = \frac{D_1 - D_2}{2(h_2 - h_1)},$ <p>где <math>D_1</math> — <math>D_2</math> — разность показаний нутромера на разных высотах; <math>h_2</math> — <math>h_1</math> — разность показаний штангенглубиномера</p> |

### 30. Характеристики приборов для измерения углов гониометрическим методом

| Наименование                                            | Диапазон измерения, °                                       | Цена деления отсчетной шкалы | Измерение                                                |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Угломеры с нониусом типа УН<br>(ГОСТ 5378—66)           | 0—180 (для наружных углов)<br>40—180 (для внутренних углов) | 2'                           | Наружных и внутренних углов                              |
| Угломеры с нониусом типа УМ<br>(ГОСТ 5378—66)           | 0—180                                                       | 2'<br>5'<br>15'              | Наружных углов                                           |
| Оптические угломеры типа УО<br>(ГОСТ 11197—73)          | 0—180 (для наружных углов)<br>30—180 (для внутренних углов) | 5'                           | Наружных и внутренних углов                              |
| Оптические квадранты (ГОСТ 14967—80):<br>КО-60<br>КО-10 | $\pm 120$<br>0—360                                          | 1'<br>10"                    | Угловых отклонений объектов от горизонтального положения |

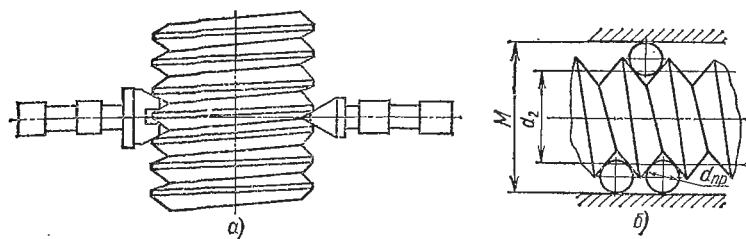


Рис. 31. Схемы измерения среднего диаметра резьбы:

а — микрометром с помощью резьбовых вставок; б — методом трех проволок

ГОСТ 17767—72, ГОСТ 24997—81. Калибры для метрической резьбы диаметром менее 1 мм должны соответствовать ГОСТ 3199—84. Комплексный метод широко применяют для измерения внутренней резьбы.

Поэлементный метод измерения применяют в тех случаях, когда допуски установлены отдельно на каждый параметр резьбы. Основными измерительными элементами резьбы являются: наружный диаметр, средний диаметр, внутренний диаметр, шаг резьбы и половина угла профиля. Заключение о годности дают по каждому параметру отдельно. В связи с тем, что данный метод является сложным и трудоемким, его используют главным образом для точных резьб. Этот метод может быть использован и тогда, когда допуск среднего диаметра является суммарным. В таком случае по результатам измерения отдельных параметров резьбы подсчитывают значение приведенного среднего диаметра и судят о годности резьбового изделия.

Методы измерения отдельных элементов резьбы выбирают в зависимости от назначений резьбы и требования к точности.

**Измерения наружной резьбы.** На рис. 31, а показана схема измерения среднего диаметра резьбы резьбовым микрометром с помощью вставок. Погрешность измерения при этом 0,025—0,2 мм. При использовании резьбовых образцов для установки микрометров погрешность уменьшается до 0,01—0,1 мм.

Более точно можно измерить средний диаметр резьбы методом трех проволок (рис. 31, б). При этом измеряют размер  $M$  контактным прибором (микрометром, оптиметром, вертикальным длиномером и др.), а средний диаметр



## 31. Формулы для определения среднего диаметра резьбы

| Резьба                                                                                                                                                                                                                         | $d_2$                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Метрическая ( $\alpha = 60^\circ$ )                                                                                                                                                                                            | $M - 3d_D + 0,866P$       |
| Трубная ( $\alpha = 55^\circ$ )                                                                                                                                                                                                | $M - 3,1657d_D + 0,9605P$ |
| Трапецеидальная ( $\alpha = 30^\circ$ )                                                                                                                                                                                        | $M - 4,8637d_D + 1,866P$  |
| Упорная ( $\beta = 30^\circ$ ; $\gamma = 3^\circ$ )                                                                                                                                                                            | $M - 4,4236d_D + 1,5879P$ |
| $d_D$ — номинальное значение диаметра проволоочки; мм; $P$ — номинальное значение шага резьбы, мм; $\alpha$ — номинальное значение угла профиля резьбы; $\beta$ и $\gamma$ — номинальное значение углов наклона сторон профиля |                           |

резьбы определяют по формулам, приведенным в табл. 31. При небольшом числе витков используют метод двух проволочек, а для измерения крупных резьб — метод одной проволочки. Диаметр проволочек выбирают в зависимости от шага проверяемой резьбы. Минимальная погрешность измерения получается при использовании проволочек с предпочтительным номинальным диаметром  $d_{D_0}$ :

а) для резьб с симметричным профилем

$$d_{D_0} = \frac{P}{2 \cos \alpha/2};$$

б) для упорной резьбы ( $\beta = 30^\circ$ ;  $\gamma = 3^\circ$ )

$$d_{D_0} = 0,5431P.$$

Типы и размеры измерительных проволочек регламентирует ГОСТ 2475—62. Проволочки изготовляют нулевого и первого класса точности трех типов: 1) проволочки гладкие; 2) проволочки ступенчатые; 3) ролики.

Средний диаметр наружной резьбы можно измерять также бесконтактным проекционным методом на инструментальном или универсальном микроскопе с помощью измерительных ножей.

Рис. 32. Схема измерения половины угла профиля резьбы

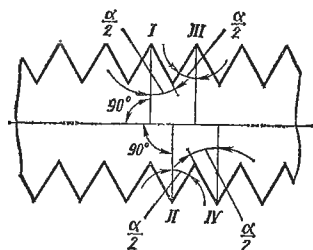
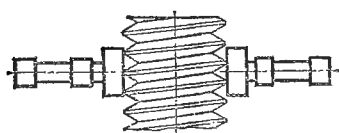
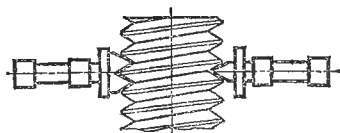


Рис. 33. Схемы измерения резьбы микрометром:

*a* — наружного диаметра; *б* — внутреннего диаметра



*a)*



*б)*

Шаг резьбы измеряют с помощью инструментального или универсального микроскопа (с ножами или без ножей), проекторов, а также стационарных или накладных шагомеров. Номинальный шаг резьбы можно определить с помощью резьбовых шаблонов (ГОСТ 519—77).

Значения половины угла профиля резьбы определяют с помощью микроскопов (с помощью ножей и теневым способом) или проекторов.

Схема измерения приведена на рис. 32, а действительные значения половин угла профиля

$$\frac{\alpha_{\text{п}}}{2} = \frac{\frac{\alpha}{2} (\text{III}) + \frac{\alpha}{2} (\text{IV})}{2};$$

$$\frac{\alpha_{\text{л}}}{2} = \frac{\frac{\alpha}{2} (\text{I}) + \frac{\alpha}{2} (\text{II})}{2},$$

где I, II, III и IV — номера сечений.

Наружный диаметр резьбы измеряют гладкими предельными калибрами и универсальными измерительными средствами. При измерении контактным способом используют плоские наконечники и вставки (рис. 33, *a*).

Внутренний диаметр резьбы измеряют с помощью резьбового микрометра со специальными вставками (рис. 33, *б*), а также с помощью измерительных микроскопов и проекторов.

**Измерение внутренней резьбы.** Средний диаметр внутренней резьбы можно измерять шаровыми наконечниками в сочетании с микрометрическими штихмасами, индикаторными приборами и горизонтальными оптимерами со специальным приспособлением. Предпочтительный диаметр шаровой поверхности наконечника определяют таким же образом, как и диаметр проволочек.

Средний диаметр, шаг и угол профиля с номинальным диаметром 18 мм и выше могут быть измерены резьбовым микроскопом ИЗК-59, являющимся специальным приспособлением к универсальным измерительным микроскопам.

Для измерения параметров внутренней резьбы могут быть использованы отливки и слепки. Для отливок используют серу (93 части серы и 7 частей графита); легкоплавкие сплавы. Слепки выполняют из гипса и хромпика (60 частей чистого гипса, 40 частей 40 %-ного раствора хромпика в воде; температура смеси 40—50 °С). Отливку или слепок вывинчивают из детали и определяют параметры резьбы методами, используемыми для измерения параметров наружной резьбы.

Номинальный шаг внутренней резьбы можно определить резьбовыми шаблонами путем подбора пластинки, обеспечивающей минимальный зазор по профилю резьбы.

## ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

**Измерение освещенности.** Плоскостную освещенность измеряют люксметром типа Ю-16 (пределы измерения 25—100—500 лк, с насадкой 2500—10000—50000 лк) и типа Ю-17 (пределы измерений 1—10—100 лк).

**Измерение шума.** Диапазон измеряемых суммарных уровней звука обычно составляет 30—130 дБ при частотных границах 20—16 000 Гц. Уровень звука измеряют с помощью шумомеров и акустических комплектов (табл. 32).

**Измерение влажности.** Для измерения влажности воздуха используют психрометры, гигрометры и гигрографы. При использовании психрометров абсолютную и относительную влажность вычисляют по показаниям сухого и влажного термометров. Гигрометры и гигрографы служат

для прямого определения относительной влажности.

**Измерение температуры.** Приборы для измерения температуры делятся на следующие группы: 1) термометры расширения; 2) манометрические термометры; 3) термоэлектрические термометры; 4) термометры сопротивления; 5) пирометры.

Термометры расширения (диапазон измерений от  $-200$  до  $+650$  °C) бывают жидкостные стеклянные и дилатометрические. В жидкостных термометрах в качестве рабочей жидкости используют ртуть и органические жидкости (этиловый спирт, толуол и др.). Ртутные термометры (ГОСТ 2045—71, ГОСТ 2823—73) применяют для измерения температур от  $-35$  до  $+650$  °C. Термометры с органическими жидкостями (ГОСТ 9177—74) в основном применяют для измерения низких температур от  $-200$  до  $+200$  °C. Дилатометрические термометры бывают стержневые и пластинчатые (биметаллические). Их используют в качестве чувствительных элементов в сигнализаторах температуры и т. п.

Манометрические термометры (область измерений от  $-200$  до  $+600$  °C) разделяются на газовые, жидкостные и конденсационные (ГОСТ 8624—80). Конечное значение шкалы газовых термометров от  $-200$  до  $+600$  °C, жидкостных от  $-150$  до  $+300$  °C. Выпускаются показывающие и самопишущие газовые и жидкостные манометрические термометры. Конденсационные манометрические термометры предназначены для измерения и сигнализации температуры от  $-50$  до  $+300$  °C. Изготавливаются показывающие и сигнализирующие конденсационные термометры.

Термоэлектрические термометры (диапазон измерения от  $-200$  до  $+2500$  °C) изготавливают из благородных и неблагородных металлов и сплавов. Наибольшее распространение имеют следующие типы термоэлектрических термометров (ГОСТ 6616—74): 1) вольфрамрениевый (ТВР);

### 32. Шумомеры и акустические комплекты

| Тип                                          | Диапазон измерений, дБ |
|----------------------------------------------|------------------------|
| Измеритель шума и вибраций ИШВ-1             | 30—130                 |
| Шумомер ШУМ-1М                               | 30—120                 |
| Акустические комплекты фирмы: ROBOTRON (ГДР) | 20—140                 |
| Брюль и Кьер (Дания)                         | 20—140                 |

2) платинородиевый-платиновый (ТПП); 3) платинородиевый (ТПР); 4) хромель-алюмелевый (ТХА); 5) хромель-копелевый (ТХК). В качестве вторичных приборов, работающих с термоэлектрическими термометрами, используют магнитоэлектрические милливольтметры и потенциометры.

Термометры сопротивления (диапазон измерений от  $-260$  до  $+1100$  °С) по ГОСТ 6651—84 бывают платиновые (ТСП) и медные (ТСМ). В качестве вторичных приборов, работающих с термометрами сопротивления, используют магнитоэлектрические логометры, уравновешенные и неуравновешенные измерительные мосты.

Пирометры используют для измерения температуры бесконтактным методом в диапазоне температур  $300$ — $6000$  °С. Выпускаются пирометры частичного излучения — оптические (ГОСТ 8335—81) и суммарного излучения — радиационные (ГОСТ 6923—84).

Измерение давления. При измерении давления различают атмосферное, избыточное, вакуумметрическое и абсолютное давление. Давление измеряют по результатам его механического воздействия на чувствительный элемент, который это давление преобразует в силу упругости, деформацию, изменение электропроводимости и т. д.

Приборы для измерения давления подразделяют на манометры избыточного давления (для измерения давления выше атмосферного), вакуумметры (для измерения вакуумметрического давления), мановакуумметры (для измерения избыточного и вакуумметрического давления), манометры абсолютного давления (для измерения давления, отсчитываемого от абсолютного нуля), барометры (для измерения атмосферного давления), микроманометры (для измерения малых избыточных давлений и разрежений), дифференциальные манометры-дифманометры (для измерения разности двух давлений). По принципу действия различают манометры жидкостные, деформационные, поршневые, комбинированные, электрические.

Для измерения небольших избыточных и вакуумметрических давлений используют жидкостные манометры и мановакуумметры (ГОСТ 9933—75), а для точных измерений очень малых избыточных давлений применяют жидкостные микроманометры (ГОСТ 11161—84).

**Измерение расхода жидкостей и газов.** Под расходом вещества понимают количество вещества, проходящего по трубопроводу в единицу времени. Различают объемный и массовый расход. Единица объемного расхода — метр кубический в час ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) или литр в секунду ( $\text{л/с}$ ), а массового расхода — килограмм в час ( $\text{кг/ч}$ ) или тонна в час ( $\text{т/ч}$ ). Прибор, измеряющий расход, называется расходомером.

Применяют следующие основные методы измерения расхода: объемный, скоростной, переменного перепада давления, постоянного перепада давления и индукционный.

Объемный метод основан на суммировании отмеренных объемов жидкости в единицу времени. Объемные расходомеры, как правило, используют для измерения расхода вязких жидкостей. Измеряющим органом прибора является калиброванная камера.

Скоростной метод заключается в измерении средней скорости потока, которая эквивалентна расходу. Скоростные расходомеры используют для измерения расхода воды, масел и т. п. Чувствительным элементом такого расходомера является вертушка с лопастями, приводимая во вращение потоком жидкости.

Метод переменного перепада давления состоит в измерении разности давлений протекающей среды до и после сужающего (дроссельного) устройства в трубопроводе. Такой расходомер состоит из дросселя, устанавливаемого в трубопроводе, дифманометра и двух соединительных линий (трубок) для передачи импульсов от дросселя к дифманометру.

Метод постоянного перепада давления заключается в измерении вертикального перемещения поплавка в зависимости от расхода вещества, обтекающего поплавков в камере прибора. Расходомеры постоянного перепада — ротаметры (ГОСТ 13045—81) — используют для измерения небольших расходов жидкостей и газов.

Индукционный метод заключается в измерении ЭДС, которая индуцируется в токопроводящей жидкости при движении ее в трубопроводе поперек силовых линий магнитного поля. Величина ЭДС пропорциональна средней скорости движения жидкости — ее расходу. Индукционные расходомеры (ГОСТ 11988—81) применяют для из-

мерения расхода электропроводящих, агрессивных и других сред.

**Измерение количества жидкостей и газов.** Количество жидкостей и газа выражают в единицах объема, а иногда в единицах массы. Для измерения количества вещества, протекающего через данное сечение трубопровода за некоторый промежуток времени (смену, сутки и т. д.), применяют счетчики количества жидкостей и газов. Счетчики жидкостей бывают объемные и скоростные (турбинные); кроме того, применяют расходомеры переменного перепада давления, оснащенные интеграторами. Для измерения количества газа используют объемные газосчетчики, которые бывают барабанные, мембранные и ротационные.

## СВЕДЕНИЯ ИЗ ЕСТПП И ЕСТД

**Общие положения.** Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП) — установленная государственными стандартами система организации и управления процессом технологической подготовки производства, предусматривающая широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартной технологической оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ (ГОСТ 14.001—73).

Основное назначение ЕСТПП заключается в установлении системы организации и управления процессом технологической подготовки производства, обеспечивающей:

единый для всех предприятий и организаций системный подход к выбору и применению методов и средств технологической подготовки производства (ТПП), соответствующих достижениям науки, техники и производства;

освоение производства и выпуска изделий высшей категории качества в минимальные сроки при минимальных трудовых и материальных затратах на ТПП на всех стадиях создания изделий, включая опытные образцы (партии), а также изделия единичного производства;

организацию производства высокой степени гибкости, допускающей возможность его непрерывного совершенствования и быструю переналадку на выпуск новых изделий;

рациональную организацию механизированного и автоматизированного выполнения комплекса инженерно-технических и управленческих работ;

взаимосвязи ТПП и управления ею с другими системами и подсистемами управления.

Функционирование ЕСТПП в соответствии с ее назначением обеспечивается комплексным применением стан-



дартов ЕСТПП, отраслевых стандартов и стандартов предприятий, конкретизирующих и развивающих отдельные правила и положения ЕСТПП применительно к специфике отрасли или предприятия, а также нормативно-технической и методической документации на методы и средства технологической подготовки производства (ТПП), в том числе:

Единой системы конструкторской документации (ЕСКД);

Единой системы технологической документации (ЕСТД);

Единой системы классификации и кодирования технико-экономической информации;

Единой системы государственного управления качеством продукции (ЕСГ УКП);

Системы разработки и постановки продукции на производство (СПП);

Государственной системы обеспечения единства измерений;

плановой и организационно-распорядительной документации, регламентирующей и регулирующей ТПП;

нормативно-технической документации на типовые и другие прогрессивные технологические процессы и методы их унификации, агрегатирования и стандартизации; средства механизации и автоматизации инженерно-технических работ; методы проведения расчетных и экспериментальных работ в области ТПП; методы нормирования и нормативно-справочные данные; методы организации и управления процессом ТПП применительно к конкретным видам изделий и типам производства; документации по механизации и автоматизации обработки информации, используемой при ТПП и управлении ею.

**Термины и определения основных понятий ТПП и ЕСТД.** ГОСТ 14.004—83 устанавливает термины и определения основных понятий технологической подготовки производства (табл. 1); ГОСТ 3.1109—82 устанавливает термины и определения в области технологических процессов (табл. 2).

**Основные требования к ТПП** устанавливаются по функциям, задачам и взаимосвязанному формированию и применению документации, необходимой при ТПП изделий машиностроения и приборостроения (табл. 3).

# 1. Термины и определения основных понятий технологической подготовки производства

## Термин

## Определение

### Общие понятия

Технологическая подготовка производства (ТПП)

Технологическая готовность производства

Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП)

Отраслевая система технологической подготовки производства (ОСТПП)

Система технологической подготовки производства предприятия

Совокупность мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность производства

Наличие на предприятии полных комплектов конструкторской и технологической документации и средств технологического оснащения, необходимых для осуществления заданного объема выпуска продукции с установленными технико-экономическими показателями

Система организации и управления технологической подготовкой производства, регламентированная государственными стандартами

Система организации и управления технологической подготовкой, установленная отраслевыми стандартами, разработанными в соответствии с государственными стандартами ЕСТПП

Система организации и управления технологической подготовкой производства, установленная нормативно-технической документацией предприятия в соответствии с государственными стандартами ЕСТПП и отраслевыми стандартами

### Составные части, свойства и характеристики технологической подготовки производства

Функция технологической подготовки производства (функция ТПП)

Задача технологической подготовки производства (задача ТПП)

Организация технологической подготовки производства (организация ТПП)

Комплекс задач по технологической подготовке производства, объединенных общей целью их решения

Законченная часть работ в составе определенной функции технологической подготовки производства

Формирование структуры технологической подготовки производства и подготовка информационного, математического и технического обеспечения, необходимого для выполнения функций технологической подготовки производства

Продолжение табл. 1

| Термин                                                                                                                                                                                                                    | Определение                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Управление технологической подготовкой производства (Управление ТПП)                                                                                                                                                      | Совокупность действий по обеспечению функционирования технологической подготовки производства                                                                                                                                            |
| Срок технологической подготовки производства (срок ТПП)                                                                                                                                                                   | Интервал времени от начала до окончания технологической подготовки производства изделия                                                                                                                                                  |
| <b>Машинностроительное производство и его характеристики</b>                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                          |
| Машинностроительное производство                                                                                                                                                                                          | Производство с преимущественным применением методов технологии машиностроения при выпуске изделий                                                                                                                                        |
| Производственная структура                                                                                                                                                                                                | Состав цехов и служб предприятия с указанием связей между ними                                                                                                                                                                           |
| Производственный участок                                                                                                                                                                                                  | Группа рабочих мест, организованных по принципам: предметному, технологическому или предметно-технологическому                                                                                                                           |
| Цех                                                                                                                                                                                                                       | Совокупность производственных участков                                                                                                                                                                                                   |
| Рабочее место                                                                                                                                                                                                             | Элементарная единица структуры предприятия, где размещены исполнители работы, обслуживаемое технологическое оборудование, часть конвейера, на ограниченное время оснастка и предметы труда                                               |
| <p><b>Примечание.</b> Определение рабочего места приведено применительно к машиностроительному производству. Определение рабочего места, применяемое в других отраслях народного хозяйства, установлено ГОСТ 19605—74</p> |                                                                                                                                                                                                                                          |
| Коэффициент закрепления операций                                                                                                                                                                                          | Отношение числа всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест                                                                                                    |
| Коэффициент использования материала                                                                                                                                                                                       | Отношение номинального значения массы материала в изделии к соответствующей норме расхода материала определенной марки и сортамента                                                                                                      |
| Тип производства                                                                                                                                                                                                          | <p>Классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска продукции</p> <p><b>Примечание.</b> Различают типы производства: единичное, серийное, массовое</p> |

Продолжение табл. 1

| Термин                                                    | Определение                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Вид производства                                          | Классификационная категория производства, выделяемая по признаку применяемого метода изготовления изделия                                                                                                             |
|                                                           | Примечание. Примерами видов производства являются литейное, сварочное и т. д.                                                                                                                                         |
| Единичное производство (Ндп. Индивидуальное производство) | Производство, характеризующееся малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление и ремонт которых, как правило, не предусматриваются                                                                  |
| Серийное производство                                     | Производство, характеризующееся изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями                                                                                                               |
| Массовое производство                                     | Производство, характеризующееся большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция |
| Основное производство                                     | Производство товарной продукции                                                                                                                                                                                       |
| Вспомогательное производство                              | Производство средств, необходимых для обеспечения функционирования основного производства                                                                                                                             |
| Опытное производство                                      | Производство образцов, партий или серий изделий для проведения исследовательских работ или разработки конструкторской и технологической документации для установившегося производства                                 |
| Инструментальное производство                             | Производство технологической оснастки                                                                                                                                                                                 |
| Установившееся производство                               | Производство изделий по окончательно отработанной конструкторской и технологической документации                                                                                                                      |
| Групповое производство                                    | Производство, характеризующееся совместным изготовлением или ремонтом групп изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками                                                                  |
| Поточное производство                                     | Производство, характеризующееся расположением средств технологического оснащения в последовательности выполнения операций технологического процесса и определенным интервалом выпуска изделий                         |

Продолжение табл. I

| Термин                                                                      | Определение                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Объем выпуска продукции (Объем выпуска. Ндп. Масштаб производства)          | Количество изделий определенных наименований, типоразмеров и исполнений, изготавливаемых или ремонтируемых предприятием или его подразделением в течение планируемого периода времени                                                     |
| Программа выпуска продукции (Программа выпуска)                             | Установленный для данного предприятия перечень изготавливаемых или ремонтируемых изделий с указанием объема выпуска по каждому наименованию на планируемый период времени                                                                 |
| Производственная партия                                                     | Предметы труда одного наименования и типоразмера, запускаемые в обработку в течение определенного интервала времени при одном и том же подготовительно-заключительном времени на операцию                                                 |
| Производственный цикл                                                       | Интервал времени от начала до окончания производственного процесса изготовления или ремонта изделия                                                                                                                                       |
| Производственная мощность                                                   | Расчетный максимально возможный в определенных условиях объем выпуска изделий в единицу времени                                                                                                                                           |
| <b>Свойства и характеристики предметов труда</b>                            |                                                                                                                                                                                                                                           |
| Серия изделия                                                               | Все изделия, изготовленные по конструкторской и технологической документации без изменения ее обозначения                                                                                                                                 |
| Конструктивная пре-емственность изделия (Конструктивная пре-емственность)   | Совокупность свойств изделия, характеризующих единством повторяемости в нем составных частей, относящихся к изделиям данной классификационной группы, и применимости новых составных частей, обусловленной его функциональным назначением |
| Технологическая пре-емственность изделия (Технологическая пре-емственность) | Совокупность свойств изделия, характеризующих единство применимости и повторяемости технологических методов выполнения составных частей и их конструктивных элементов, относящихся к изделиям данной классификационной группы             |

Продолжение табл. 1

| Термин                                  | Определение                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Процессы и операции</b>              |                                                                                                                                                                                          |
| Производственный процесс                | Совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления и ремонта продукции                                                                  |
| Технологический процесс                 | По ГОСТ 3.1109—82 (см. табл. 2)                                                                                                                                                          |
| Технологическая операция                | По ГОСТ 3.1109—82 (см. табл. 2)                                                                                                                                                          |
| Технологический маршрут                 | Последовательность прохождения заготовки детали или сборочной единицы по цехам и производственным участкам предприятия при выполнении технологического процесса изготовления или ремонта |
|                                         | <b>Примечание.</b> Различают межцеховой и внутрицеховой технологические маршруты                                                                                                         |
| Расцеховка                              | Разработка межцеховых технологических маршрутов для всех составных частей изделия                                                                                                        |
| Механизация технологического процесса   | По ГОСТ 23004—78                                                                                                                                                                         |
| Автоматизация технологического процесса | По ГОСТ 23004—78                                                                                                                                                                         |
| Технологическая дисциплина              | Соблюдение точного соответствия технологического процесса изготовления или ремонта изделия требованиям технологической и конструкторской документации                                    |

## 2. Термины и определения основных понятий в области технологических процессов

| Термины                           | Определения                                                                                                                             |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Технологический процесс           | Часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета производства |
| Единичный технологический процесс | Технологический процесс изготовления или ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства  |

Продолжение табл. 2

| Термины                                                   | Определения                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Типовой технологический процесс                           | Технологический процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками                                                                    |
| Групповой технологический процесс                         | Технологический процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками                                                          |
| Маршрутное описание технологического процесса             | Сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов                     |
| Маршрутно-операционное описание технологического процесса | Сокращенное описание технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения с полным описанием отдельных операций в других технологических документах |
| Технологическая операция                                  | Законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте                                                                                               |
| Материал                                                  | Исходный предмет труда, потребляемый для изготовления изделия                                                                                                                 |
| Полуфабрикат                                              | Предмет труда, подлежащий дальнейшей обработке на предприятии-потребителе                                                                                                     |
| Заготовка                                                 | Предмет труда, из которого путем изменения формы, размеров, свойств поверхности и (или) материала изготавливают деталь                                                        |
| Исходная заготовка                                        | Заготовка перед первой технологической операцией                                                                                                                              |
| Основной материал                                         | Материал исходной заготовки                                                                                                                                                   |
| Вспомогательный материал                                  | Материал, расходуемый при выполнении технологического процесса дополнительно к основному материалу                                                                            |
| Комплектующее изделие                                     | Изделие предприятия-поставщика, применяемое как составная часть изделия, выпускаемого предприятием-изготовителем                                                              |
| Установ                                                   | Часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы                                              |
| Технологический переход                                   | Законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке             |

Продолжение табл. 2

| Термины                       | Определения                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Вспомогательный переход       | Законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением свойств предметов труда, но необходимы для выполнения технологического перехода                                     |
| Рабочий ход                   | Законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества поверхности и свойств заготовки                                               |
| Вспомогательный ход           | Законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, необходимого для подготовки рабочего хода                                                                                          |
| Позиция                       | Фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования при выполнении определенной части операции |
| Цикл технологической операции | Интервал календарного времени от начала до конца периодически повторяющейся технологической операции независимо от числа одновременно изготавливаемых или ремонтируемых изделий                                                                           |
| Такт выпуска                  | Интервал времени, через который периодически производится выпуск изделий или заготовок определенного наименования, типоразмера и исполнения                                                                                                               |
| Ритм выпуска                  | Число изделий или заготовок определенных наименований, типоразмеров и исполнений, выпускаемых в единицу времени                                                                                                                                           |
| Формообразование              | Изготовление заготовки или изделия из жидких порошкообразных или волокнистых материалов                                                                                                                                                                   |
| Литье                         | Изготовление заготовки или изделия из жидкого материала заполнением им полости заданной формы и размеров с последующим затвердеванием                                                                                                                     |
| Формирование                  | Формообразование из порошкообразного или волокнообразного материала с помощью заполнения им полости заданной формы и размеров с последующим сжатием                                                                                                       |



Продолжение табл. 2

| Термины                     | Определения                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Гальванопластика            | Формообразование из жидкого материала путем осаждения металла из раствора под действием электрического тока                                                                                                                   |
| Обработка                   | Действие, направленное на изменение свойств предмета труда при выполнении технологического процесса                                                                                                                           |
| Механическая обработка      | Обработка давлением или резанием                                                                                                                                                                                              |
| Обработка резанием          | Обработка, заключающаяся в образовании новых поверхностей отделением поверхностных слоев материала с образованием стружки                                                                                                     |
| Обработка давлением         | Обработка, заключающаяся в пластическом деформировании или разделении материала (без образования стружки)                                                                                                                     |
| Термическая обработка       | Обработка, заключающаяся в изменении структуры и свойств заготовки вследствие тепловых воздействий                                                                                                                            |
| Электрофизическая обработка | Обработка, заключающаяся в изменении формы, размеров и (или) шероховатости поверхности заготовки с применением электрических разрядов, магнитострикционного эффекта, электронного или оптического излучения, плазменной струи |
| Электрохимическая обработка | Обработка, заключающаяся в изменении формы, размеров и (или) шероховатости поверхности заготовки вследствие растворения ее материала в электролите под действием электрического тока                                          |
| Нанесение покрытия          | Обработка, заключающаяся в образовании на заготовке поверхностного слоя из инородного материала                                                                                                                               |

## 3. Задачи и основные документы, обеспечивающие решение задач ТПП

| Основная функция технологической подготовки производства | Общие задачи                                                                          | Основные документы, обеспечивающие решение общих задач                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Обеспечение технологичности конструкции изделия          | Установление типовых методов средств обработки конструкции изделия на технологичность | Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила обеспечения технологичности конструкции изделия<br>Методические материалы по обеспечению и оценке технологичности конструкции изделия |

Продолжение табл. 3

| Основная функция технологической подготовки производства | Общие задачи                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Основные документы, обеспечивающие решение общих задач                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Обеспечение технологичности конструкции изделия</p>   | <p>Разработка типовых методов и средств обработки конструкции изделия на технологичность</p> <p>Установление базовых показателей технологичности конструкции изделия отрасли</p> <p>Проведение технологического контроля конструкторской документации</p> <p>Оценка уровня технологичности конструкции изделия</p> <p>Внесение необходимых изменений в конструкцию изделия и в документацию</p> <p>Сокращение объемов работ по ТПП в результате обеспечения высокого уровня технологичности конструкции изделия и применения совершенных методов и средств выполнения соответствующих инженерно-технических работ</p> | <p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила обеспечения технологичности конструкции изделия</p> <p>Отраслевые стандарты, устанавливающие специфические для отрасли правила обеспечения технологичности конструкции изделия, разработанные на основе стандартов ЕСТПП</p> <p>Методические материалы по обеспечению и оценке технологичности конструкции изделия</p> <p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила обеспечения технологичности конструкции изделия</p> <p>Отраслевые стандарты, устанавливающие специфические для отрасли правила обеспечения технологичности изделия, разработанные на основе стандартов ЕСТПП</p> <p>Методические материалы по обеспечению и оценке технологичности конструкции изделия</p> |

Продолжение табл. 3

| Основная функция технологической подготовки производства | Общие задачи                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Основные документы, обеспечивающие решение общих задач                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Разработка технологических процессов</p>              | <p>Разработка и стандартизация типовых технологических процессов на детали и сборочные единицы общемашиностроительного применения</p> <p>Организация общесоюзного фонда документации на типовые технологические процессы и централизованное обеспечение этой документацией отраслей промышленности</p> <p>Разработка и стандартизация типовых технологических процессов на детали и сборочные единицы отраслевого применения</p> <p>Организация отраслевых фондов документации на типовые технологические процессы и централизованное обеспечение этой документацией предприятий отрасли</p> <p>Разработка, стандартизация и применение типовых технологических процессов с применением методов групповой обработки и технологических операций на детали и сборочные единицы</p> | <p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила разработки и применения технологических процессов</p> <p>Методические материалы по разработке и применению технологических, в том числе типовых, процессов и операций</p> <p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила разработки и применения технологических процессов</p> <p>Отраслевые стандарты, устанавливающие специфические для отрасли правила разработки и применения технологических процессов, разработанные на основе стандартов ЕСТПП</p> <p>Методические материалы по разработке и применению технологических процессов</p> <p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила разработки и применения технологических процессов</p> <p>Отраслевые стандарты, устанавливающие специфические для отрасли правила разработки и применения технологических процессов, разработанные на основе стандартов ЕСТПП</p> |

Продолжение табл. 3

| Основная функция технологической подготовки производства                                                            | Общие задачи                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Основные документы, обеспечивающие решение общих задач                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Разработка технологических процессов</p> <p>Проектирование и изготовление средств технологического оснащения</p> | <p>Разработка и применение рабочих технологических процессов на детали и сборочные единицы</p> <p>Организация заводских фондов документации на типовые технологические процессы, технологические процессы с применением методов групповой обработки и технологические операции</p> <p>Комплексная стандартизация средств технологического оснащения общемашиностроительного применения</p> <p>Проведение работ по специализации проектирования и производства средств технологического оснащения предприятий отраслей промышленности и созданию общесоюзных баз проката этих средств</p> <p>Разработка и изготовление типовых средств технологического оснащения</p> <p>Проведение работ по специализации проектирования и производства средств технологического оснащения предприятий отрасли и созданию отраслевых баз проката этих средств, комплексная стандартизация средств технологического оснащения отраслевого применения</p> | <p>Методические материалы по разработке и применению технологических, в том числе типовых, процессов и операций</p> <p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила разработки и применения средств технологического оснащения</p> <p>Методические материалы по унификации, агрегатированию и стандартизации средств технологического оснащения и созданию баз проката этих средств</p> <p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила разработки и применения средств технологического оснащения</p> <p>Отраслевые стандарты, устанавливающие специфические для отрасли правила разработки и применения средств технологического оснащения, разработанные на основе стандартов ЕСТПП</p> |

Продолжение табл. 3

| Основная функция технологической подготовки производства         | Общие задачи                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Основные документы, обеспечивающие решение общих задач                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Проектирование и изготовление средств технологического оснащения | <p>То же</p> <p>Проведение унификации и стандартизации средств технологического оснащения</p> <p>Организация применения средств технологического оснащения, в том числе унифицированных и стандартных средств, использования общесоюзных и отраслевых баз проката этих средств</p> <p>Проектирование и изготовление специальных средств технологического оснащения</p> | <p>Методические материалы по унификации, агрегатированию и стандартизации средств технологического оснащения и созданию баз проката этих средств</p> <p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила разработки и применения средств технологического оснащения</p> <p>Отраслевые стандарты, устанавливающие специфические для отрасли правила разработки и применения средств технологического оснащения, разработанные на основе стандартов ЕСТПП</p> |
| Организация и управление процессом ТПП                           | <p>Перспективное и годовое планирование развития и совершенствования ТПП по отраслям промышленности</p> <p>Установление типовых методов и технических средств организации и управления процессом ТПП</p> <p>Разработка и утверждение методических и нормативных материалов для разработки типовых структур и определения численности служб ТПП</p>                     | <p>Методические материалы по унификации, агрегатированию и стандартизации средств технологического оснащения и созданию баз проката этих средств</p> <p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила организации и управления процессом ТПП</p> <p>Методические материалы по организации и управлению процессом ТПП</p> <p>Документация на общесоюзную автоматизированную систему управления</p> <p>Стандарты на управленческую документацию</p>        |

Продолжение табл. 3

| Основная функция технологической подготовки производства | Общие задачи                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Основные документы, обеспечивающие решение общих задач                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Организация и управление процессом ТПП</p>            | <p>Перспективное и годовое планирование развития и совершенствования ТПП по предприятиям отрасли</p> <p>Установление типовых структур служб ТПП</p> <p>Разработка отраслевых методических материалов по организации и управлению процессом ТПП с учетом видов изделий и типов производства</p> <p>Разработка отраслевых методических материалов по механизации и автоматизации инженерно-технических и управленческих работ по ТПП</p> <p>Перспективное, годовое и текущее планирование развития и совершенствования ТПП на предприятии</p> <p>Использование современных методов решения задач ТПП с применением средств механизации и автоматизации инженерно-технических и управленческих работ</p> <p>Организация и совершенствование структуры служб ТПП</p> | <p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила организации и управления процессом ТПП</p> <p>Отраслевые стандарты, устанавливающие специфические для отрасли правила организации и управления процессом ТПП, разработанные на основе стандартов ЕСТПП</p> <p>Методические материалы по организации и управлению процессом ТПП</p> <p>Документация на общесюзиую автоматизированную систему управления</p> <p>Стандарты на управленческую документацию</p> <p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила организации и управления процессом ТПП</p> <p>Отраслевые стандарты, устанавливающие специфические для отрасли правила организации и управления процессом ТПП, разработанные на основе стандартов ЕСТПП</p> <p>Методические материалы по организации и управлению процессом ТПП</p> <p>Документация на общесюзиую автоматизированную систему управления</p> |

Продолжение табл. 3

| Основная функция технологической подготовки производства | Общие задачи                                        | Основные документы, обеспечивающие решение общих задач                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Организация и управление процессом ТПП                   | Организация и совершенствование структуры служб ТПП | Документация на отраслевую автоматизированную систему управления<br>Документация на автоматизированную систему управления предприятием<br>Стандарты на управленческую документацию |

**Примечание.** В дополнение к перечисленным основным документам применяются:

государственные стандарты на порядок разработки и поставки продукции на производство, системы управления качеством продукции; классификации и кодирования технико-экономической информации, конструкторской, технологической и других видов документации, обеспечения единства измерения и т. п.;

государственные общетехнические стандарты на параметрические ряды, ряды предпочтительных чисел, допуски, посадки и т. п.;

отраслевые стандарты, дополняющие и уточняющие государственные стандарты, и стандарты предприятий, дополняющие и уточняющие государственные и отраслевые стандарты.

#### 4. Основное содержание работ по обеспечению технологичности конструкции изделия

Стадии разработки конструкторской документации и основное содержание работ по обеспечению технологичности конструкции изделия

##### Техническое предложение

Выявление вариантов конструктивных решений, имеющих лучшие предпосылки для рационального членения и компоновки изделия

Выявление возможности заимствования составных частей изделия

Выявление новых материалов, технологических процессов и средств технологического оснащения

Расчет показателей технологичности вариантов конструкции изделия

Выбор окончательного варианта конструктивного решения и (или) компоновки основных составных частей изделия

Технологический контроль конструкторской документации

Продолжение табл. 4

Стадии разработки конструкторской документации и основное содержание работ по обеспечению технологичности конструкции изделия

### Эскизный проект

Анализ соответствия компоновок и членения вариантов конструкции изделия условиям производства

Анализ соответствия компоновок и членения вариантов конструкции изделия условиями технического обслуживания и ремонта

Сопоставление вариантов конструкции изделия по унификации, стандартизации, по точности расположения и способами соединения составных частей изделия

Расчет показателей технологичности вариантов конструкции изделия

Выбор вариантов конструкции изделия для дальнейшей разработки

Технологический контроль конструкторской документации

### Технический проект

Определение возможности параллельной и независимой сборки и контроля специфицированных составных частей изделия

Анализ соответствия конструкции и компоновки сменных и требующих технического обслуживания составных частей изделия требованиям технического обслуживания и ремонта

Выявление возможности применения покупных, стандартных, унифицированных или освоенных производством составных частей изделия

Анализ возможности применения новых, в том числе типовых и групповых высокопроизводительных технологических процессов

Расчет показателей технологичности конструкции изделия

Принятие основных принципиальных решений по технологичности конструкции изделий и совершенствованию условий выполнения работ при производстве, эксплуатации и ремонте

Технологический контроль конструкторской документации

### Рабочая конструкторская документация:

*а) опытного образца (опытной партии) или изделия единичного производства (кроме разового изготовления)*

При разработке рабочей конструкторской документации для изготовления опытного образца (партии) или изделия единичного производства (кроме разового изготовления) проводятся:

анализ возможности сборки изделия и его составных частей без промежуточных разборок;

выбор рациональных способов фиксирования, центрирования и регулирования составных частей изделия;



Стадии разработки конструкторской документации и основное содержание работ по обеспечению технологичности конструкции изделия

определение доступности и легкосъемности сменных и требующих технического обслуживания и ремонта составных частей изделия;

выявление возможности унификации сборочных единиц и их конструктивных решений;

выявление возможности унификации деталей (включая детали крепежа) и их конструктивных элементов;

установление экономически целесообразных методов получения заготовок;

поэлементная отработка конструкции деталей и сборочных единиц на технологичность;

расчет показателей технологичности конструкции изделия; технологический контроль конструкторской документации

При изготовлении и испытании опытного образца (партии) или изделия единичного производства (кроме разового изготовления) проводятся:

проверка:

соответствия членения конструкции организационной структуре предприятия-изготовителя; соответствия конструкции деталей рациональным способам получения заготовок и их обработки;

соответствия заданной точности изготовления изделия техническим данным средств технологического оснащения;

применимости нормальных рядов размеров, стандартного режущего и измерительного инструмента;

возможности использования конструкторских баз в качестве технологических и их увязка;

возможности сокращения обрабатываемых поверхностей, совмещения (расчленения) деталей;

удобства и быстроты регулировки расположения составных частей изделия;

возможности технического контроля, в том числе контроля технического состояния, технического диагностирования, доступа к составным частям при изготовлении, техническом обслуживании и ремонте;

возможности замены составных частей изделия другими такими же частями при сохранении установленного качества изделия в целом;

## Продолжение табл. 4

Стадии разработки конструкторской документации и основное содержание работ по обеспечению технологичности конструкции изделия

возможности и удобства установки и съема составных частей изделия при его изготовлении, техническом обслуживании и ремонте, а также монтажа и демонтажа составных частей изделия;

возможности восстановления геометрических характеристик и качества поверхностей деталей;

соответствия технологичности конструкции требованиям ремонтпригодности и транспортабельности;

анализ технологичности опытного образца;

расчет показателей технологичности после отработки конструкции при изготовлении и испытании опытного образца;

корректировка и техникологический контроль конструкторской документации с учетом предложений об изменениях, выявленных при анализе технологичности опытного образца

*б) серийного (массового) производства*

Окончательное принятие решений по совершенствованию условий выполнения работ при производстве, эксплуатации и ремонте и фиксация этих решений в технологической документации

Окончательная отработка конструкции изделия в период изготовления, испытания и оснащения технологического процесса изготовления установочной серии

Доведение конструкции изделия до соответствия требованиям серийного (массового) производства с учетом применения наиболее производительных технологических процессов и средств технологического оснащения при изготовлении изделия и его основных составных частей

Доведение конструкции изделия до соответствия требованиям существующей и создаваемой системы технического обслуживания, диагностирования, ремонта, монтажа вне предприятия-изготовителя, транспортирования и хранения с учетом применения прогрессивных технологических процессов и средств технологического оснащения при подготовке изделия к применению по назначению, техническом обслуживании, диагностировании, транспортировании и хранении

Оценка соответствия достигнутого уровня технологичности требованиям технического задания

Корректировка конструкторской документации

Оценка эксплуатационной и ремонтной технологичности путем проведения исследовательских (определяющих) испытаний или организации сбора данных о технологичности изделия в процессе эксплуатации и ремонта

**Обеспечение технологичности конструкции изделий** — функция подготовки производства, предусматривающая взаимосвязанное решение конструкторских и технологических задач, направленных на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат и сокращение времени на производство (ГОСТ 14.201—83). В табл. 4 приведено основное содержание работ по обеспечению технологичности конструкции изделия на различных стадиях разработки конструкторской документации.

**Разработка технологических процессов.** ГОСТ 14.301—83 устанавливает общие правила разработки технологических процессов, которые подразделяются на три вида: единичные, групповые и типовые. Основные этапы разработки технологических процессов приведены в табл. 5.

**Основные формы организации технологических процессов** определяются по ГОСТ 14.312—74.

Форма организации технологических процессов изготовления изделия зависит от установленного порядка выполнения операций технологического процесса, расположения технологического оборудования, количества изделий и направления их движения в процессе изготовления.

Устанавливаются две формы организации технологических процессов — *групповая и поточная*.

*Групповая форма организации технологических процессов* характеризуется однородностью конструктивно-технологических признаков изделий, единством средств технологического оснащения одной или нескольких технологических операций и специализацией рабочих мест.

*Поточная форма организации технологических процессов* характеризуется: специализацией каждого рабочего места на определенной операции; согласованным и ритмичным выполнением всех операций технологического процесса на основе постоянства такта выпуска; размещением рабочих мест в последовательности, строго соответствующей технологическому процессу.

Факторы, определяющие форму организации технологического процесса, и соответствующие ей характеристики следует выбирать в следующем порядке: определяют виды изделий; группируют изделия по общности

## 5. Основные этапы разработки технологических процессов

| Этапы разработки технологических процессов                                                                                                                                            | Задачи, решаемые на этапе                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Основные документы и системы, необходимые для решения задач                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Анализ исходных данных для разработки технологического процесса</p> <p>Выбор действующего типового, группового технологического процесса или поиск аналога единичного процесса</p> | <p>Предварительное ознакомление с назначением и конструкцией предмета труда, с требованиями к изготовлению и эксплуатации</p> <p>Составление перечня дополнительной справочной информации, необходимой для разработки технологического процесса, и ее выбор</p> <p>Формирование технологического кода изделий по технологическому классификатору</p> <p>Отнесение обрабатываемого изделия к соответствующей классификационной группе на основе технологического кода *</p> | <p>Сведения о программе выпуска изделия</p> <p>Конструкторская документация на изделие</p> <p>Архив производственно-технической документации</p> <p>Конструкторская документация на изделие</p> <p>Технологический классификатор изделий</p> <p>Документация на типовые, групповые и единичные технологические процессы для данной группы изделий</p> |

\* П р и м е ч а н и е. При отсутствии соответствующей классификационной группы технологический процесс разрабатывается как единичный.

|                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления</p> | <p>Отнесение обрабатываемого изделия по его технологическому коду к действующему типовому групповому или единичному технологическому процессу</p> <p>Определение вида исходной заготовки (или уточнение заготовки, установленной типовым технологическим процессом)</p> <p>Выбор метода изготовления исходной заготовки</p> | <p>Документация на типовую или групповую технологический процесс</p> <p>Классификатор заготовок</p> <p>Методика расчета и технико-экономической оценки выбора заготовок</p> |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Продолжение табл. 5

| Этапы разработки технологических процессов                                                 | Задачи, решаемые на этапе                                                                                                                                                                                                               | Основные документы и системы, необходимые для решения задач                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления</p> <p>Выбор технологических баз</p> | <p>Технико-экономическое обоснование выбора заготовки</p> <p>Выбор поверхностей базирования или базовых составных частей изделия</p> <p>Оценка точности и надежности базирования по производительности технологического процесса</p>    | <p>Стандарты и технические условия на заготовки и основной материал</p> <p>Классификатор способов базирования</p> <p>Методика выбора технологических баз</p> |
| <p>Составление технологического маршрута обработки</p>                                     | <p>Определение последовательности технологических операций (или уточнение последовательности операций по типовому или групповому технологическому процессу)</p> <p>Определение состава средств технологического оснащения</p>           | <p>Документация типового, группового или единичного технологического процесса</p>                                                                            |
| <p>Разработка технологических операций</p>                                                 | <p>Разработка (или уточнение) последовательности переходов в операции</p>                                                                                                                                                               | <p>Документация типовых, групповых или единичных технологических операций</p>                                                                                |
|                                                                                            | <p>Выбор средств технологического оснащения (СТО) операции (или их уточнение)</p> <p>Определение потребности СТО, заказ новых СТО, в том числе средств контроля и испытаний, с учетом метрологического обеспечения и требований ГСИ</p> | <p>Классификатор технологических операций</p> <p>Стандарты по выбору средств технологического оснащения</p>                                                  |
|                                                                                            | <p>Выбор средств механизации и автоматизации элементов процесса и внутрицеховых средств транспортирования</p> <p>Назначение и расчет режимов обработки</p>                                                                              | <p>Каталоги (альбомы и картотеки) на СТО</p> <p>Материалы по выбору технологических нормативов (режимов обработки, припусков и пр.)</p>                      |



## 6. Основные виды технологических документов

| Вид документа                            | Условное обозначение документа | Назначение документа                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Документы общего назначения</b>       |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Титульный лист                           | ТЛ                             | Документ предназначен для оформления: комплекта (комплектов) технологической документации на изготовление или ремонт изделия;<br>комплекта (комплектов) технологических документов на технологические процессы изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия);<br>отдельных видов технологических документов<br>Является первым листом комплекта (комплектов) технологических документов                                                                                |
| Карта эскизов                            | КЭ                             | Графический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы и предназначенный для пояснения выполнения технологического процесса, операции или перехода изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия), включая контроль и перемещения                                                                                                                                                                                                                                     |
| Технологическая инструкция               | ТИ                             | Документ предназначен для описания технологических процессов, методов и приемов, повторяющихся при изготовлении или ремонте изделий (составных частей изделий), правил эксплуатации средств технологического оснащения.<br>Применяется в целях сокращения объема разрабатываемой технологической документации                                                                                                                                                                        |
| <b>Документы специального назначения</b> |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Маршрутная карта                         | МК                             | Документ предназначен для маршрутного или маршрутно-операционного описания технологического процесса или указания полного состава технологических операций при операционном описании изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия), включая контроль и перемещение по всем операциям различных технологических методов в технологической последовательности, с указанием данных об оборудовании, технологической оснастке, материальных нормативах и трудовых затратах |

Продолжение табл. 6

| Вид документа                                         | Условное обозначение документа | Назначение документа                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Маршрутная карта                                      | МК                             | <p><b>Примечания:</b></p> <p>1. МК является обязательным документом.</p> <p>2. Допускается разрабатывать МК на отдельные виды работ.</p> <p>3. Допускается применять МК совместно с соответствующей картой технологической информации взамен карты технологического процесса, с операционным описанием в МК всех операций и полным указанием необходимых технологических режимов в графе «Наименование и содержание операции».</p> <p>4. Допускается взамен МК использовать соответствующую карту технологического процесса</p> |
| Карта технологического процесса                       | КТП                            | <p>Документ предназначен для операционного описания технологического процесса изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия) в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта, с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах</p>                                                                                                                              |
| Карта типового (группового) технологического процесса | КТТП                           | <p>Документ предназначен для описания типового (группового) технологического процесса изготовления или ремонта изделий (составных частей изделий) в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта, с указанием переходов и общих данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах. Применяется совместно с ВТП</p>                                                                                                            |
| Операционная карта                                    | ОК                             | <p>Документ предназначен для описания технологической операции с указанием последовательного выполнения переходов, данных о средствах технологического оснащения, режимах и трудовых затратах. Применяется при разработке единичных технологических процессов</p>                                                                                                                                                                                                                                                               |



Продолжение табл. 6

| Вид документа                          | Условное обозначение документа | Назначение документа                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Карта типовой (групповой) операции     | КТО                            | Документ предназначен для описания типовой (групповой) технологической операции с указанием последовательности выполнения переходов и общих данных о средствах технологического оснащения и режимах. Применяется совместно с ВТО                                                                             |
| Карта технологической информации       | КТИ                            | Документ предназначен для указания дополнительной информации, необходимой при выполнении отдельных операций (технологических процессов) и связанной с применением уникальных средств технологического оснащения, прогрессивных методов изготовления или ремонта изделия                                      |
| Комплектовочная карта                  | КК                             | Документ предназначен для указания данных о деталях, сборочных единицах и материалах, входящих в комплект собираемого изделия, и применяется при разработке технологических процессов сборки<br>Допускается применять КК для указания данных о вспомогательных материалах в других технологических процессах |
| Технико-нормировочная карта            | ТНК                            | Документ предназначен для разработки расчетных данных к технологической операции по нормам времени (выработки), описания выполняемых приемов и применяется при решении задач нормирования трудозатрат                                                                                                        |
| Карта расчета и кодирования информации | КРИ                            | Документ предназначен для расчета и кодирования информации, используемой при разработке управляющей программы к станкам с программным управлением (ПУ)                                                                                                                                                       |
| Карта наладки                          | КН                             | Документ предназначен для дополнительной информации к технологическим процессам (операциям) по наладке средств технологического оснащения. Применяется при многопозиционной обработке для станков с ПУ, при групповых методах обработки и т. п.                                                              |

Продолжение табл. 6

| Вид документа                                       | Условное обозначение документа | Назначение документа                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ведомость технологических маршрутов                 | ВТМ                            | Документ предназначен для указания технологического маршрута изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия) по подразделениям предприятия и применяется для решения технологических и производственных задач                                                                    |
| Ведомость оснастки                                  | ВО                             | Документ предназначен для указания применяемой технологической оснастки при выполнении технологического процесса изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия)                                                                                                                 |
| Ведомость оборудования                              | ВОВ                            | Документ предназначен для указания применяемого оборудования, необходимого для изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия)                                                                                                                                                   |
| Ведомость материалов                                | ВМ                             | Документ предназначен для указания данных о подетальных нормах расхода материалов, о заготовках, технологическом маршруте прохождения изготавливаемого или ремонтируемого изделия (составных частей изделия). Применяется для решения задач по нормированию материалов                       |
| Ведомость специфицированных норм расхода материалов | ВСН                            | Документ предназначен для указания данных о нормах расхода материалов для изготовления или ремонта изделия и применяется для решения задач по нормированию расхода материалов на изделие                                                                                                     |
| Ведомость удельных норм расхода материалов          | ВУН                            | Документ предназначен для указания данных об удельных нормах расхода материалов, используемых при выполнении технологических процессов и операций изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия), и применяется для решения задач по нормированию расхода материалов            |
| Технологическая ведомость                           | ТВ                             | Документ предназначен для комплексного указания технологической и организационной информации, используемой перед разработкой комплекта (комплектов) документов на технологические процессы (операции), и применяется на одном из первых этапов технологической подготовки производства (ТПП) |

Продолжение табл. 6

| Вид документа                                                                                                                                    | Условное обозначение документа | Назначение документа                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ведомость применяемости                                                                                                                          | ВП                             | Документ предназначен для указания применяемости полного состава деталей, сборочных единиц, средств технологического оснащения и др. Применяется для решения задач ТПП                                                                                                                                                              |
| Ведомость сборки изделия                                                                                                                         | ВСИ                            | Документ предназначен для указания состава деталей и сборочных единиц, необходимых для сборки изделия в порядке ступени входимости, их применяемости и количественного состава                                                                                                                                                      |
| Ведомость операций                                                                                                                               | ВОП                            | Документ предназначен для операционного описания технологических операций одного вида формообразования, обработки, сборки и ремонта изделия в технологической последовательности, с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения и норм времени. Применяется совместно с МК или КТП |
| Ведомость деталей (сборочных единиц) к типовому (групповому) технологическому процессу (операции)<br>Ведомость деталей, изготовленных из отходов | ВТП (ВТО)                      | Документ предназначен для указания состава деталей (сборочных единиц, изделий), изготавливаемых или ремонтируемых по типовому (групповому) технологическому процессу (операции), и переменных данных о материале, средствах технологического оснащения, режимах обработки и трудозатратах                                           |
| Ведомость дефектации                                                                                                                             | ВДО                            | Документ предназначен для указания данных о деталях, изготовленных из отходов при раскрое металла                                                                                                                                                                                                                                   |
| Ведомость стержней                                                                                                                               | ВД                             | Документ предназначен для указания изделий (составных частей изделий), подлежащих ремонту, с определением вида ремонта, дефектов и для указания дополнительной технологической информации. Применяется при ремонте изделий (составных частей изделий)                                                                               |
|                                                                                                                                                  | ВСТ                            | Документ предназначен для указания информации, необходимой при изготовлении стержней для отливок                                                                                                                                                                                                                                    |

Продолжение табл. 6

| Вид документа                        | Условное обозначение документа | Назначение документа                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ведомость технологических документов | ВТД                            | Документ предназначен для указания полного состава документов, необходимых для изготовления или ремонта изделий (составных частей изделий), и применяется при передаче комплекта документов с одного предприятия на другое |
| Ведомость держателей подлинников     | ВДП                            | Документ предназначен для указания полного состава документов, необходимых при передаче комплекта документов на микрофильмирование                                                                                         |

Примечания: 1. Допускается указывать виды вспомогательных документов на отраслевом уровне.

2. Допускается вводить через дробь в условные обозначения дополнительные признаки, раскрывающие специальное назначение документа, в виде букв русского алфавита, например, для ведомости применяемости (ВП), предназначенной:

для указания данных о технологической оснастке — ВП/О;

для указания данных о применяемости стандартных деталей (сборочных единиц) — ВП/СД;

для указания данных о применяемости оригинальных деталей (сборочных единиц) — ВП/ОД и т. д.

конструктивно-технологических признаков; устанавливают программу выпуска каждого изделия и календарные сроки их выпуска; определяют длительность производственных процессов и наладок технологического оборудования; определяют потребное количество оборудования и коэффициенты его загрузки; определяют показатель относительной трудоемкости.

Основой при групповой форме организации технологических процессов является группирование изделий по конструктивно-технологическим признакам.

Поточную форму организации технологических процессов в зависимости от номенклатуры одновременно обрабатываемых изделий подразделяют на *однономенклатурную поточную линию* и *многономенклатурную поточную линию*.

*Однономенклатурная поточная линия* характеризуется обработкой изделий одного наименования по закреп-

ленному технологическому процессу в течение длительного периода времени.

Однономенклатурную поточную линию в зависимости от количества одновременно обрабатываемых объектов одного наименования подразделяют на *однопоточную и многопоточную*.

Однопоточная линия характеризуется обработкой на каждой операции одного объекта одного наименования. Многопоточная линия характеризуется одновременной обработкой на каждой операции двух и более объектов одного наименования, причем выполнение операций дублируется для каждого объекта.

*Многономенклатурная поточная линия* характеризуется последовательной обработкой групп изделий двух и более наименований по типовому технологическому процессу.

В зависимости от характера движения изделий по операциям следует различать поточные линии: *прерывные; непрерывные*.

Стадии разработки и виды документов, применяемых для технологических процессов изготовления или ремонта изделий, определяются ГОСТ 3.1102—81 (табл. 6).

## СВЕДЕНИЯ О ПРОГРАММИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ И ГПС

**Устройства ЧПУ станками.** ГОСТ 20523—80 устанавливает термины и определения основных понятий устройств числового программного управления (ЧПУ) станками.

*Управляющая программа (УП)* — совокупность команд на языке программирования, соответствующая заданному алгоритму функционирования станка по обработке конкретной заготовки.

*Числовое программное управление станком* — управление обработки заготовки на станке по управляющей программе, в которой данные заданы в цифровой форме.

*Позиционное числовое программное управление станком* — числовое программное управление станком, при котором перемещение его рабочих органов происходит в заданные точки, причем траектории перемещения не задаются.

*Контурное числовое программное управление станком* — числовое программное управление станком, при котором перемещение его рабочих органов происходит по заданной траектории с заданной скоростью для получения необходимого контура обработки.

*Адаптивное числовое программное управление станком* — числовое программное управление станком, при котором обеспечивается автоматическое приспособление процесса обработки заготовки к изменяющимся условиям обработки по определенным критериям.

*Групповое числовое программное управление станками* — числовое программное управление группой станков от ЭВМ, имеющей общую память для хранения управляющих программ, распределяемых по запросам от станков.

*Ручная подготовка управляющей программы* — подготовка и контроль УП, в основном без применения ЭВМ.

*Автоматизированная подготовка управляющей программы* — подготовка и контроль УП с применением ЭВМ. В табл. 1 приведены уровни автоматизации подготовки УП.

*Программоноситель* — носитель данных, на котором записана УП. В качестве носителя данных могут применяться перфолента, магнитная лента, магнитный диск и запоминающие устройства различного типа.

*Программное обеспечение системы УЧП* — совокупность программ и документов на них для реализации целей и задач системы ЧПУ станком.

*Устройство числового программного управления (УЧПУ)* — устройство, выдающее управляющие воздействия на исполнительные органы станка в соответствии с управляющей программой и информацией о состоянии управляемого объекта.

*Аппаратное устройство ЧПУ* — устройство ЧПУ, алгоритмы работы которого реализуются схемным путем и не могут быть изменены после изготовления устройства.

*Программируемое УЧПУ* — УЧПУ, алгоритмы работы которого реализуются с помощью программ, вводимых в его память, и могут быть изменены после изготовления устройств.

*Система числового программного управления (СЧПУ)* — совокупность функционально взаимосвязанных и взаимодействующих технических и программных средств, обеспечивающих числовое программное управление станком.

*Кадр управляющей программы* — составляющая часть УП, вводимая и отрабатываемая как единое целое и содержащая не менее одной команды.

*Слово управляющей программы* — составляющая часть кадра УП, содержащая данные о параметре процесса обработки заготовки и (или) другие данные по выполнению управления.

*Адрес в ЧПУ* — часть слова УП, определяющая назначение следующих за ним данных, содержащихся в этом слове.

*Номер кадра управляющей программы* — слово в начале кадра, определяющее последовательность кадров в УП.

*Формат кадра УП* — условная запись структуры и расположения слов в кадре УП с максимальным числом слов.

# 1. Уровни автоматизации подготовки управляющих программ

| Этапы подготовки УП | Задачи подготовки УП                                       | Уровни автоматизации |     |     |     |
|---------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|-----|-----|-----|
|                     |                                                            | 1-й                  | 2-й | 3-й | 4-й |
| I                   | Разделение операции на установовы и позиции                | —                    | —   | —   | +   |
|                     | Выбор метода крепления заготовки                           | —                    | —   | —   | +   |
|                     | Подготовка операционной карты                              | —                    | —   | —   | +   |
| II                  | Определение последовательности переходов                   | —                    | —   | —   | +   |
|                     | Выбор инструмента                                          | —                    | —   | —   | +   |
|                     | Разделение переходов на ходы                               | —                    | —   | +   | +   |
|                     | Подготовка карт наладки станка и инструмента               | —                    | —   | +   | +   |
| III                 | Определение наладочных размеров инструмента и оборудования | —                    | —   | +   | +   |
|                     | Пересчет размеров и координат опорных точек                | —                    | —   | +   | +   |
|                     | Расчет координат опорных точек                             | —                    | +   | +   | +   |
|                     | Преобразование систем координат                            | —                    | —   | +   | +   |
| IV                  | Формирование элементарных перемещений                      | —                    | +   | +   | +   |
|                     | Определение технологических команд                         | —                    | +   | +   | +   |
|                     | Кодирование УП                                             | +                    | +   | +   | +   |
|                     | Запись УП на программноноситель                            | +                    | +   | +   | +   |
| V                   | Контроль программноносителя                                | +                    | +   | +   | +   |
|                     | Контроль траектории инструмента                            | +                    | +   | +   | +   |
|                     | Редактирование УП                                          | +                    | +   | +   | +   |

Примечание. Знаком «+» отмечены задачи, решаемые на соответствующем уровне автоматизации средствами вычислительной техники.



*Главный кадр* — кадр УП, содержащий все данные, необходимые для возобновления процесса обработки заготовки после его перерыва.

*Абсолютный размер* — линейный или угловой размер, задаваемый в УП и указывающий положение точки относительно принятого нуля отсчета.

*Размер в приращении* — линейный и угловой размер, задаваемый в УП и указывающий положение точки относительно координат точки предыдущего положения рабочего органа станка.

*Автоматическая работа СЧПУ* — функционирование СЧПУ (УЧПУ), при котором отработка УП происходит с автоматической сменой кадров управляющей программы.

*Работа СЧПУ с пропуском кадров* — автоматическая работа СЧПУ (УЧПУ), при которой не отрабатываются кадры УП, обозначенные символом «Пропуск кадра».

*Покадровая работа* — функционирование СЧПУ (УЧПУ), при котором отработка каждого кадра УП происходит только после воздействия оператора.

*Работа СЧПУ с ручным вводом данных (РВД)* — функционирование СЧПУ (УЧПУ), при котором набор данных, ограниченный форматом кадра, производится вручную оператором на пульте.

*Работа СЧПУ с ручным управлением* — функционирование СЧПУ (УЧПУ), при котором оператор управляет станком с пульта без использования числовых данных.

*Зеркальная отработка* — функционирование СЧПУ (УЧПУ), при котором рабочие органы станка перемещаются по траектории, представляющей зеркальное отображение траектории, записанной в управляющей программе.

*Ввод УП* — функционирование УЧПУ, при котором ввод данных в память УЧПУ с программноносителя происходит от ЭВМ верхнего ранга или с пульта оператора.

*Вывод УП* — функционирование УЧПУ, при котором происходит вывод хранимой в памяти УЧПУ управляющей программы на носитель данных. При выводе УП могут выводиться дополнительные данные, используемые при отработке управляющей программы и хранящиеся в памяти УЧПУ, например, константы и т. п.

*Поиск кадра в УП* — функционирование УЧПУ, при котором на программоносителе или в запоминающем устройстве УЧПУ обнаруживается заданный кадр УП по его номеру или специальному признаку.

*Редактирование УП* — функционирование УЧПУ, при котором управляющую программу изменяет оператор непосредственно у станка.

*Контурная скорость* — результирующая скорость подачи рабочего органа станка, вектор которой равен геометрической сумме векторов перемещения этого органа вдоль осей координат станка.

*Нулевая точка станка* — точка, принятая за начало системы координат станка.

*Исходная точка станка* — точка, определенная относительно нулевой точки станка и используемая для начала работы по управляющей программе.

*Фиксированная точка станка* — точка, определенная относительно нулевой точки станка и используемая для определения положения рабочего органа станка.

*Точка начала обработки* — точка, определяющая начало обработки конкретной заготовки.

*Нулевая точка детали* — точка на детали, относительно которой заданы ее размеры.

*Плавающий ноль* — свойство СЧПУ (УЧПУ) помещать начало отсчета перемещения рабочего органа в любое положение относительно нулевой точки станка.

*Дискретность задания перемещения* — минимальное перемещение или угол поворота рабочего органа станка, которые могут быть заданы в УП.

*Максимальное программируемое перемещение* — наибольшее перемещение рабочего органа, которое может быть задано в одном кадре УП.

*Коррекция инструмента* — изменение с пульта управления запрограммированных координат (координаты) рабочего органа станка.

*Коррекция скорости подачи* — изменение с пульта оператора запрограммированного значения скорости подачи.

*Коррекция скорости главного движения* — изменение запрограммированного значения скорости главного движения станка с пульта оператора.

*Значение коррекции положения инструмента* — расстояние по оси координат, на которое следует дополнительно сместить инструмент.

*Значение коррекции на длину инструмента* — расстояние вдоль оси вращающегося инструмента, на которое следует дополнительно сместить инструмент.

*Значение коррекции на фрезу* — расстояние по нормали к заданному контуру перемещения фрезы, на которое следует дополнительно переместить центр фрезы.

*Задающая информация (программа управления)* — информация, известная до начала технологического процесса, зафиксированная тем или иным способом на материальном носителе, называемом программносителем, и содержащая сведения о характере движения рабочих органов, их синхронизации, режимах обработки, а также различные технологические и другие команды.

*Информация обратной связи (обратная связь)* — информация, источником которой является технологический процесс (данные о положении и скорости движения рабочего органа, размерах обрабатываемой поверхности, температурных и силовых деформациях в системах СПИД, температуре в зоне резания, уровне информации и др.).

*Датчики обратной связи (ДОС)* — устройства, с помощью которых собирается информация обратной связи.

*Информация возмущения* — информация, источником которой служит окружающая среда (температура, влажность, колебания припуска заготовки, твердость, уровень вибрации и др.).

*Системы управления разомкнутые* (без обратной связи, с разомкнутой связью, циклические, жесткие, программные) — системы управления, использующие только один поток заданной информации (информация возмущения и информация обратной связи не используются); контроль за выполнением заданной программы и обратная связь не предусмотрены; задающая программа перерабатывается в удобную форму для управления приводом, выполняющим тот или иной элементарный цикл технологического процесса.

*Системы управления замкнутые* (с замкнутой цепью, с обратной связью, рефлекторные, ациклические) — системы управления, работающие на основе совместного использования задающей информации и информации об-

ратной связи, содержащей данные о фактической скорости перемещения рабочего органа, его положении, об окончании цикла или отдельных его эквивалентов и другие о протекании технологического процесса.

*Геометрическая информация* — информация о форме, размерах элементов заготовки и инструмента и их взаимном положении в пространстве.

*Технологическая информация* — информация о технологических характеристиках заготовки и условиях ее изготовления.

*Интерполяция* — получение (расчет) координат промежуточных точек движения центра инструмента в плоскости или в пространстве.

*Аппроксимация* — процесс замены одной функциональной зависимости другой с определенной степенью точности.

*Алгоритм* — свод формальных правил и указаний, определяющих процесс выполнения заданной работы.

*Бит* — одноразрядная единица двоичной информации.

*Байт* — единица количества двоичной информации, равная восьми битам.

*Микропроцессор* — универсальный цифровой электронный блок, реализованный с большой степенью интеграции, выполняемая функция которого определяется после его изготовления путем программирования.

*Код* — ряд правил, посредством которых данные одного вида преобразуются в другой вид; применение кода (кодирование) сводится к записи информации в виде комбинации символов.

*Геометрический элемент* — непрерывный участок расчетной траектории или контура заготовки, задаваемой одним и тем же законом в одной и той же системе координат.

*Опорная точка* — точка расчетной траектории, в которой изменяется закон, описывающий траекторию, или условия протекания технологического процесса.

*Опорная геометрическая точка* — точка расчетной траектории, в которой изменяются условия протекания технологического процесса.

*Пост-процессор* — согласующая программа системы автоматизированного программирования (САП), учитывающая особенности станка и формирующая кадры УП.

*Процессор* — программа первичной переработки информации в САП, формирующая данные об обработке заготовки независимо от типа станка.

*Расчетная траектория* — теоретическая аппроксимированная траектория центра инструмента.

*Точность позиционирования* — величина поля рассеивания отклонений положений центра инструмента от заданных при обработке геометрического перехода (положения рабочих органов станка относительно оси вращения или базовой торцовой поверхности шпинделя), рассчитанная для всего диапазона задаваемых размеров.

*Управляемая координата* — ось системы координат, относительное перемещение центра инструмента вдоль которой осуществляется с помощью одного исполнительного органа системы управления.

*Центр инструмента* — неподвижная относительно державки точка инструмента, по которой ведется расчет траектории.

*Чувствительность* — минимальная величина рассогласования, на которую может реагировать система.

*Эквидистанта* — линия, равноотстоящая от линии контура заготовки.

*Интерполятор СЧПУ* — вычислительный блок, задающий последовательность управляющих воздействий для перемещения рабочих органов станка по осям координат в соответствии с функциональной связью между координатами опорных точек, заданных программой управления.

*Ось координат станка* — направление, совпадающее с перемещением рабочего органа станка.

*Файл* — совокупность данных, объединенных по некоторому общему смысловому признаку или несколькими признакам. Файлы хранятся в запоминающем устройстве ЭВМ. Начало и конец файла отмечают специальными метками, что позволяет легко найти нужную информацию.

*Дисплей* — устройство визуального отображения алфавитно-цифровой и графической информации.

*Интерфейс* — совокупность аппаратных и программных средств, обеспечивающих совместимость (взаимодействие) различных функциональных блоков (устройств), образующих систему в соответствии с заданными условиями, например, видом кода, моментом приема (выдачи)

информационных и управляющих сигналов, формой представления информации (аналоговая или цифровая).

На рисунке представлены этапы подготовки управляющей программы для станков с ЧПУ.

**Индексация станков с ЧПУ.** В принятой системе обозначения станков с ЧПУ к основному обозначению модели станка, состоящему из трех или четырех цифр, добавляются следующие индексы:

Ф1 — станки с цифровой индикацией положения рабочих органов и ручным вводом данных;

Ф2 — станки с позиционными системами ЧПУ;

Ф3 — станки с контурными системами ЧПУ;

Ф4 — станки со смешанными системами ЧПУ;

Ц — станки с цикловым управлением;

Т — станки с оперативными системами ЧПУ.

Кроме того, введены индексы, отражающие конструктивные особенности станков, связанные с автоматической сменой инструмента:

Р — смена инструмента поворотом револьверной головки;

М — смена инструмента из магазина.

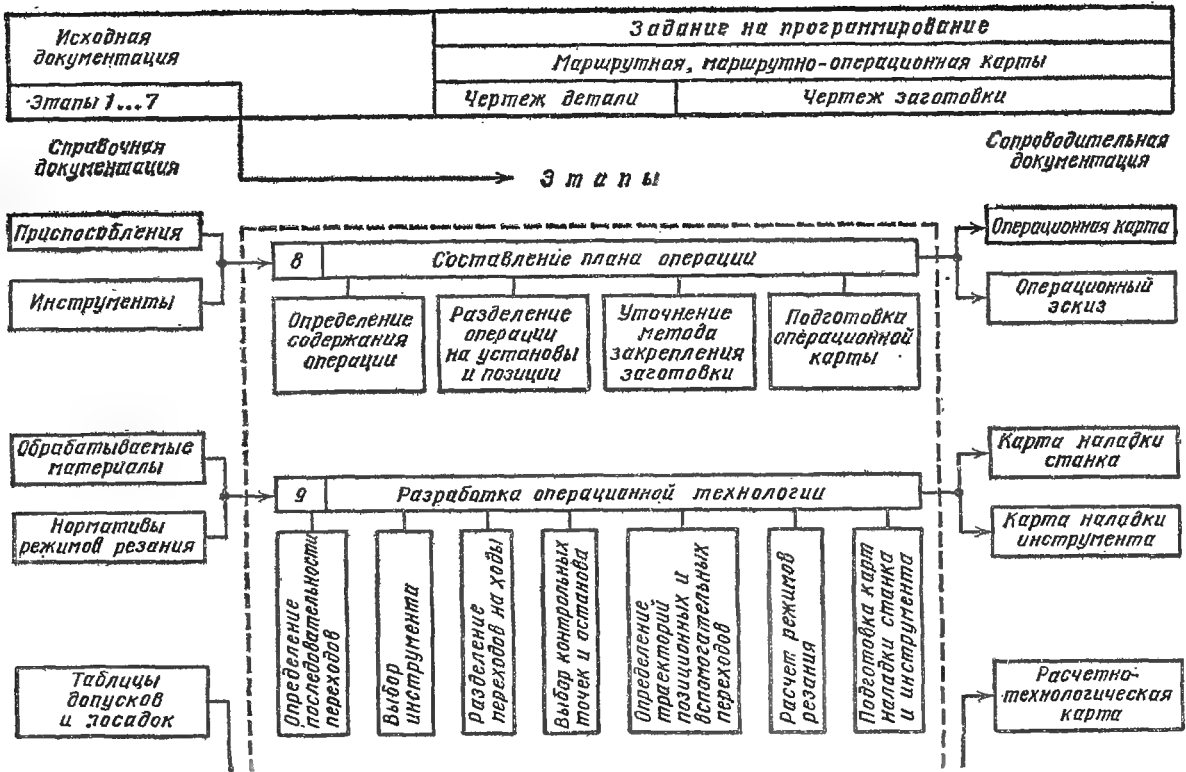
**Манипуляторы, автооператоры и промышленные роботы.** ГОСТ 25686—85 определяет термины основных понятий в области манипуляторов, автооператоров и промышленных роботов.

**Манипулятор** — управляемое устройство или машина для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям руки человека при перемещении объектов в пространстве, оснащенное рабочим органом. Манипулятор с ручным управлением — манипулятор, управление которым осуществляет оператор.

**Сбалансированный манипулятор** — манипулятор с ручным управлением, содержащий систему уравнивания устройства рабочего органа.

**Автооператор** — автоматическая машина, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора или совокупности манипулятора и устройства передвижения и неперепрограммируемого устройства управления.

**Промышленный робот** — автоматическая машина, стационарная или передвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого



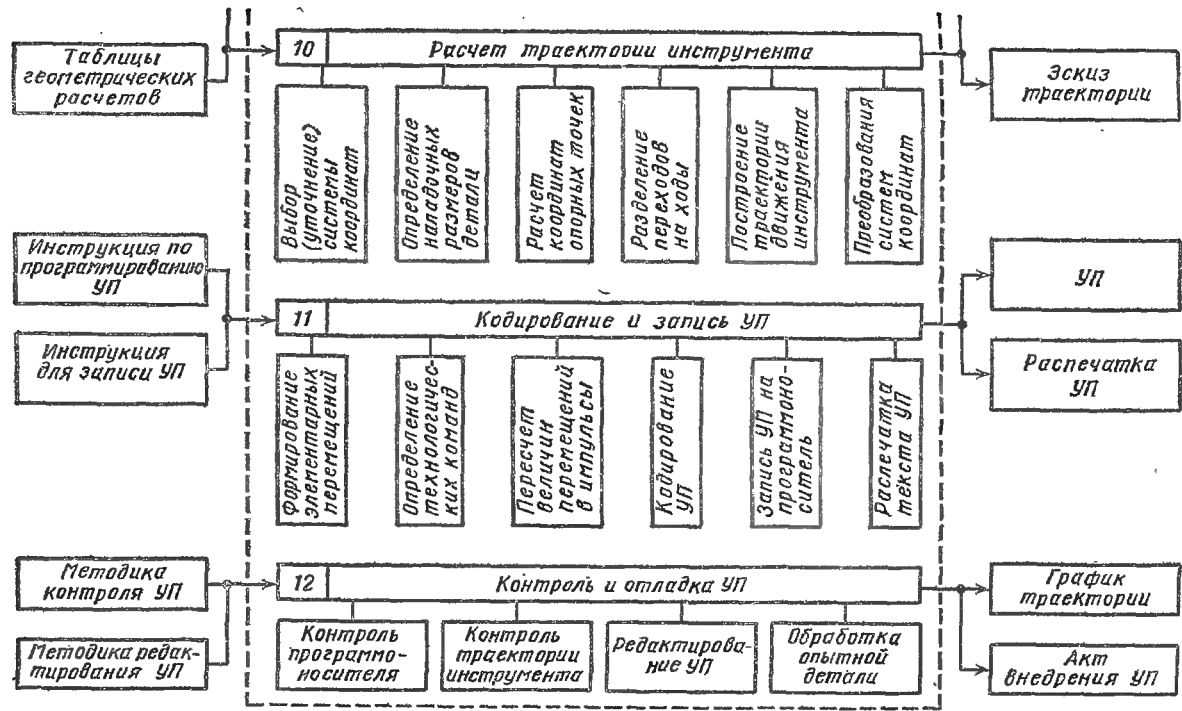


Рис. Этапы подготовки управляющей программы для станков с ЧПУ



устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций. Перепрограммируемость — свойство промышленного робота заменять управляющую программу автоматически или при помощи человека—оператора.

К перепрограммированию относится изменение последовательности и (или) значений перемещений по степеням подвижности и управляющих функций с помощью средств управления на пульте устройства управления.

*Промышленный робот с числовым программным управлением (ПРЧПУ)* — промышленный робот, управляемый устройством ЧПУ с позиционным и (или) контурным программным управлением.

*Адаптивный промышленный робот* — промышленный робот, управляемый устройством адаптивного управления.

*Цикловое управление промышленным роботом* — управление исполнительным устройством промышленного робота, при котором осуществляется программирование последовательности выполнения его движения.

*Позиционное управление промышленным роботом* — управление исполнительным устройством промышленного робота, при котором движение его рабочего органа происходит по заданным точкам позиционирования контроля траектории движения между ними.

*Контурное управление промышленным роботом* — управление исполнительным устройством промышленного робота, при котором движение его рабочего органа происходит по заданной траектории с установленным распределением во времени значений скорости.

*Адаптивное управление промышленным роботом* — управление исполнительным устройством промышленного робота с автоматическим изменением управляющей программы в функций от контролируемых параметров состояния внешней среды.

*Программирование промышленного робота* — составление, ввод и отладка управляющей программы промышленного робота.

*Аналитическое программирование промышленного робота* — программирование промышленного робота, при котором управляющую программу составляют на основе расчета и затем заносят в устройство управления.

*Обучение промышленного робота* — программирование промышленного робота, при котором составление и ввод управляющей программы осуществляет человек — оператор — при помощи предварительного движения рабочего органа с занесением в устройство управления значений параметров этого движения в виде управляющей программы.

*Исполнение управляющей программы промышленного робота* — функционирование исполнительного устройства промышленного робота в соответствии с заданной управляющей программой.

*Исполнительное устройство промышленного робота (автооператора)* — устройство промышленного робота (автооператора), выполняющее все его двигательные функции.

*Рабочий орган промышленного робота (автооператора)* — составная часть исполнительного устройства промышленного робота (автооператора) для непосредственного выполнения технологических операций и (или) вспомогательных переходов. Примерами рабочего органа служат сварочные клещи, окрасочный пистолет, сборочный инструмент, захватное устройство.

*Устройство управления промышленного робота (автооператора)* — устройство промышленного робота (автооператора) для формирования и выдачи управляющих воздействий исполнительному устройству в соответствии с управляющей программой.

*Номинальная грузоподъемность манипулятора (автооператора, промышленного робота)* — наибольшее значение массы предметов производства или технологической оснастки, при которой гарантируется их удержание и обеспечение установленных значений эксплуатационных характеристик.

*Рабочее пространство манипулятора (автооператора, промышленного робота)* — пространство, в котором может находиться исполнительное устройство при функционировании манипулятора (автооператора, промышленного робота).

*Рабочая зона манипулятора (автооператора, промышленного робота)* — пространство, в котором может находиться рабочий орган при функционировании манипулятора (автооператора, промышленного робота).

*Зона обслуживания манипулятора* (автооператора, промышленного робота) — пространство, в котором рабочий орган выполняет свои функции в соответствии с назначением манипулятора (автооператора, промышленного робота) и установленными значениями их характеристик.

*Погрешность позиционирования рабочего органа манипулятора* (автооператора, промышленного робота) — отклонение положения рабочего органа манипулятора (автооператора, промышленного робота) от заданного управляющей программой.

*Погрешность отработки траектории рабочего органа промышленного робота* — отклонение траектории рабочего органа промышленного робота от заданной управляющей программой.

**Системы производственные гибкие.** ГОСТ 26228—85 определяет основные понятия в области гибких производственных систем.

*Гибкая производственная система (ГПС)* — совокупность в разных сочетаниях оборудования с ЧПУ, роботизированных технологических комплексов, гибких производственных модулей, отдельных единиц технологического оборудования и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени, обладающая свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик.

Виды ГПС по организационным признакам:

*Гибкая автоматизированная линия (ГАЛ)* — гибкая производственная система, в которой технологическое оборудование расположено в принятой последовательности технологических операций.

*Гибкий автоматизированный участок (ГАУ)* — гибкая производственная система, функционирующая по технологическому маршруту, в котором предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования.

*Гибкий автоматизированный цех (ГАЦ)* — гибкая производственная система, представляющая собой в различных сочетаниях совокупность гибких автоматизированных линий, роботизированных технологических линий, гибких автоматизированных участков, роботизиро-

ванных технологических участков для изготовления изделий заданной номенклатуры.

Составные части ГПС:

*Гибкий производственный модуль (ГПМ)* — единица технологического оборудования для производства изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик с программным управлением, автономно функционирующая, автоматически осуществляющая все функции, связанные с их изготовлением, имеющая возможность встраивания в гибкую производственную систему.

*Роботизированный технологический комплекс (РТК)* — совокупность единицы технологического оборудования, промышленного робота и средств оснащения, автономно функционирующая и осуществляющая многократные циклы. РТК, предназначенные для работы в ГПС, должны иметь автоматизированную переналадку и возможность встраивания в систему. В качестве технологического оборудования может быть использован промышленный робот. Средствами оснащения РТК могут быть: устройства накопления, ориентации, поштучной выдачи объектов производства и другие устройства, обеспечивающие функционирование РТК.

*Система обеспечения функционирования ГПС* — совокупность в общем случае взаимосвязанных автоматизированных систем, обеспечивающих проектирование изделий, технологическую подготовку их производства, управление гибкой производственной системой с помощью ЭВМ и автоматическое перемещение предметов производства и технологической оснастки. В общем случае в систему обеспечения функционирования ГПС входят: автоматизированная транспортно-складская система (АТСС); автоматизированная система инструментального обеспечения (АСИО); система автоматизированного контроля (САК); автоматизированная система удаления отходов (АСУО); автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП); автоматизированная система научных исследований (АСНИ); система автоматизированного проектирования (САПР); автоматизированная система технологической подготовки производства (АСТПП); автоматизированная система управления (АСУ) и т. д.

*Автоматизированная транспортно-складская система (АТСС)* — система взаимосвязанных автоматизированных транспортных и складских устройств для укладки, хранения, временного накопления, разгрузки и доставки предметов труда, технологической оснастки.

*Автоматизированная система инструментального обеспечения (АСИО)* — система взаимосвязанных элементов, включающая участки подготовки инструмента, его транспортирования, накопления, устройства смены и контроля качества инструмента, обеспечивающие подготовку, хранение, автоматическую установку и замену инструмента.

*Роботизированная технологическая линия* — совокупность роботизированных технологических комплексов, связанных между собой транспортными средствами и системой управления, или нескольких единиц технологического оборудования, обслуживаемых одним или несколькими промышленными роботами для выполнения операций в принятой технологической последовательности.

*Роботизированный технологический участок* — совокупность роботизированных технологических комплексов, связанных между собой транспортными средствами и системой управления, или нескольких единиц технологического оборудования, обслуживаемых одним или несколькими промышленными роботами, в которой предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования.

**Кодирование информации управляющих программ.** ГОСТ 20999—83 устанавливает правила кодирования информации управляющих программ, записываемых на носителе данных (перфоленту, магнитную ленту, магнитный диск) или вводимых с дистанционного источника информации (например, ЭВМ высшего ранга). В табл. 2 приведены значения символов адресов, в табл. 3 — значения управляющих символов и знаков, в табл. 4 — значения цифровых символов.

Управляющую программу следует записывать на носитель данных в виде последовательности кадров.

Управляющую программу рекомендуется составлять таким образом, чтобы в кадре записывалась только та геометрическая технологическая и вспомогательная информация, которая изменяется по сравнению с предыдущим кадром.

## 2. Значения символов адресов

| Символ | Кодовая позиция символа | Значение                                                                                |
|--------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| A      | 4/1                     | Угол поворота вокруг оси X                                                              |
| B      | 4/2                     | Угол поворота вокруг оси Y                                                              |
| C      | 4/3                     | Угол поворота вокруг оси Z                                                              |
| D      | 4/4                     | Вторая функция инструмента                                                              |
| E      | 4/5                     | Вторая функция подачи                                                                   |
| F      | 4/6                     | Первая функция подачи                                                                   |
| G      | 4/7                     | Подготовительная функция                                                                |
| H      | 4/8                     | Не определен                                                                            |
| I      | 4/9                     | Параметр интерполяции или шаг резьбы параллельно оси X                                  |
| J      | 4/10                    | Параметр интерполяции или шаг резьбы параллельно оси Y                                  |
| K      | 4/11                    | Параметр интерполяции или шаг резьбы параллельно оси Z                                  |
| L      | 4/12                    | Не определен                                                                            |
| M      | 4/13                    | Вспомогательная функция                                                                 |
| N      | 4/14                    | Номер кадра                                                                             |
| O      | 4/15                    | Не определен                                                                            |
| P      | 5/0                     | Третичная длина перемещения, параллельного оси X                                        |
| Q      | 5/1                     | Третичная длина перемещения, параллельного оси Y                                        |
| R      | 5/2                     | Перемещение на быстром ходу по оси или третичная длина перемещения, параллельного оси Z |
| S      | 5/3                     | Функция главного движения                                                               |
| T      | 5/4                     | Первая функция инструмента                                                              |
| U      | 5/5                     | Вторичная длина перемещения, параллельного оси X                                        |
| V      | 5/6                     | Вторичная длина перемещения, параллельного оси Y                                        |
| W      | 5/7                     | Вторичная длина перемещения, параллельного оси Z                                        |
| X      | 5/8                     | Первичная длина перемещения, параллельного оси X                                        |
| Y      | 5/9                     | Первичная длина перемещения, параллельного оси Y                                        |
| Z      | 5/10                    | Первичная длина перемещения, параллельного оси Z                                        |

**Примечание.** Если символы A, B, C, D, E, P, Q, R, U, V, W не используются в значениях, указанных в табл. 2, они становятся неопределенными и могут быть использованы для специальных значений.

## 3. Значения управляющих символов и знаков

| Символ; наименование       | Значение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Кодовая композиция символа |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| ГТ; табуляция              | Символ, управляющий перемещением действующей позиции печати в следующую, заранее определенную знаковую позицию на той же строке. Предназначен для управления устройствами печати при распечатке управляющей программы. УЧПУ не воспринимается                                                                                              | 0/9                        |
| ПС; конец кадра            | Символ, обозначающий конец кадра управляющей программы                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0/10                       |
| %; начало программы        | Знак, обозначающий начало управляющей программы (используется также для остановки носителя данных при обратной перемотке)                                                                                                                                                                                                                  | 2/5                        |
| (; круглая скобка левая    | Знак, обозначающий, что следующая за ним информация не должна обрабатываться на станке                                                                                                                                                                                                                                                     | 2/8                        |
| ); круглая скобка правая   | Знак, обозначающий, что следующая за ним информация должна обрабатываться на станке                                                                                                                                                                                                                                                        | 2/9                        |
| +; плюс                    | Математический знак                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2/11                       |
| —; минус                   | То же                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2/13                       |
| .; точка                   | Десятичный знак                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2/14                       |
| /; пропуск                 | Знак, обозначающий, что следующая за ним информация до первого символа «Конец кадра» может обрабатываться или не обрабатываться на станке (в зависимости от положения органа управления на пульте управления УЧПУ). Когда этот знак стоит перед символами «Номер кадра» и «Главный кадр», он действует на целый кадр управляющей программы | 2/15                       |
| :: двоеточие; главный кадр | Знак, обозначающий главный кадр управляющей программы                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 3/10                       |

Примечания: 1. В табл. 3 не включены управляющие символы ВК, ПР, ЗБ, ПУС, не воспринимаемые УЧПУ. Наименование и значение этих символов — по ГОСТ 27465—87.

2. При печатании машинописного бланка управляющей программы (распечатка программы) символы «Табуляция» и «Конец кадра» не печатаются.

Каждая управляющая программа должна начинаться символом «Начало программы», после которого должен стоять символ «Конец кадра», а затем кадр с соответствующим номером.

Любая группа символов, не подлежащая отработке на станке, должна быть заключена в круглые скобки. Внутри скобок не должны применяться символы «Начало программы» и «Главный кадр». Например, группа символов, заключенная в скобки, может быть выведена на дисплей и служить в качестве указаний оператору.

Если необходимо обозначать управляющую программу, это обозначение (номер) должно находиться непосредственно за символом «Начало программы» перед символом «Конец кадра».

Местоположение информации, заключенной в скобки, в кадре управляющей программы, а также необходимость записи этой информации в памяти УЧПУ должны быть указаны в технических условиях на УЧПУ конкретного типа.

Для обозначения физического начала носителя данных перед символом «Начало программы» (при размещении на носителе данных нескольких управляющих программ перед символом «Начало программы» первой программы) допускается записывать еще один символ «Начало программы», например, %% ПС или %% 001 ПС.

Перед символом «Начало программы» может быть записана любая информация, не содержащая символа «Начало программы» (примечания по наладке станка, различные идентификаторы программы и т. п.).

Управляющая программа должна заканчиваться символом «Конец программы» или «Конец информации». Информация, помещенная после символа «Конец информации», не должна восприниматься УЧПУ.

Перед символом «Начало программы» и после символов «Конец программы» и «Конец информации» на пер-

#### 4. Значения цифровых символов

| Символ | Кодовая позиция символа | Значение |
|--------|-------------------------|----------|
| 0      | 3/0                     | 0        |
| 1      | 3/1                     | 1        |
| 2      | 3/2                     | 2        |
| 3      | 3/3                     | 3        |
| 4      | 3/4                     | 4        |
| 5      | 3/5                     | 5        |
| 6      | 3/6                     | 6        |
| 7      | 3/7                     | 7        |
| 8      | 3/8                     | 8        |
| 9      | 3/9                     | 9        |

Цифры



фоленте рекомендуется оставлять участки с символом ПУС («Пусто»).

Каждый кадр управляющей программы должен содержать:

слово «Номер кадра» (допускается не использовать);  
информационные слова или слово (допускается не использовать);

символ «Конец кадра»;

символы табуляции (допускается не использовать);  
при использовании символов табуляции они проставляются перед каждым словом в кадре управляющей программы, кроме слова «Номер кадра».

Информационные слова в кадре рекомендуется записывать в такой последовательности:

слово (или слова) «Подготовительная функция»;

слова «Размерные перемещения», которые рекомендуется записывать в последовательности символов;

X, Y, Z, U, V, W, P, Q, R, A, B, C;

слова «Параметр интерполяции или шаг резьбы» I, J, K;

слово (или слова) «Функция подачи», которое относится только к определенной оси и должно следовать непосредственно за словом «Размерное перемещение» по этой оси. Слово «Функция подачи», относящееся к двум и более осям, должно следовать за последним словом «Размерное перемещение», к которому оно относится;

слово «Функция главного движения»;

слово (или слова) «Функция инструмента»;

слово (или слова) «Вспомогательная функция».

Порядок записи слов с адресами U, V, W, P, R, используемых в значениях, отличных от значений, указанных в табл. 2, и слов с адресами D, E, H должен быть указан в формате конкретного УЧПУ.

В пределах одного кадра управляющей программы не должны повторяться слова «Размерные перемещения» и «Параметр интерполяции или шаг резьбы».

При использовании слов с адресами U, V, W, P, Q, R в значениях, отличных от значений, указанных в табл. 2, кратность использования их в кадре должна быть указана в технических условиях на УЧПУ конкретного типа.

В пределах одного кадра управляющей программы

не должны использоваться слова «Подготовительная функция», входящие в одну группу.

После символа «Главный кадр» в кадре управляющей программы должна быть записана вся информация, необходимая для начала или возобновления обработки. В этом случае символ «Главный кадр» должен записываться вместо символа N в качестве адреса в слове «Номер кадра». Символ «Главный кадр» может быть использован для останова в нужном месте обратной перемотки носителя данных.

При необходимости осуществления режима «Пропуск кадра» (например, для осуществления наладочных переходов при наладке станка и исключения этих переходов после окончания наладки) перед символами «Номер кадра» и «Главный кадр» должен записываться символ «Пропуск кадра». Каждое слово в кадре управляющей программы должно содержать: символ адреса (латинская прописная буква по табл. 2); математический знак «Плюс» или «Минус» (при необходимости); последовательность цифр.

Слова в управляющей программе должны быть записаны одним из двух способов:

без использования десятичного знака (подразумеваемое положение десятичной запятой);

с использованием десятичного знака (явное положение десятичной запятой).

Подразумеваемое положение десятичной запятой должно быть определено в характеристиках формата конкретного УЧПУ. При записи слов с использованием десятичного знака слова, в которых десятичный знак отсутствует, должны обрабатываться УЧПУ как целые числа.

При записи слов с использованием десятичного знака могут быть опущены незначащие нули, стоящие до и (или) после знака, например,

X.03 — означает размер 0,03 мм по оси X;

X.1030 — означает размер 1030,0 мм по оси X.

Размер, представленный одними нулями, должен быть выражен, по крайней мере, одним нулем.

**Размерные слова.** Все размерные перемещения должны задаваться в абсолютных значениях или приращениях. Способ управления должен выбираться одним из следующих слов «Подготовительная функция»:

G90 — «Абсолютный размер»;

G91 — «Размер в приращениях».

Все линейные перемещения должны быть выражены в миллиметрах и их десятичных долях.

Допускается линейные перемещения выражать в дюймах. В этом случае в управляющей программе должна быть записана подготовительная функция, указывающая единицу измерения.

Все угловые размеры должны быть выражены в радианах (или в градусах). Допускается угловые размеры выражать в десятичных долях оборота.

Если УЧПУ допускает задание размеров в абсолютных значениях, положительных или отрицательных, в зависимости от начала системы координат, то математический знак («Плюс» или «Минус») является составной частью слова «Размерное перемещение» и должен предшествовать первой цифре каждого размера, указывая направление перемещения.

При задании размеров как в абсолютных значениях, так и в приращениях математический знак «Плюс» в словах «Размерные перемещения» допускается опускать.

**Безразмерные слова.** Слово «Номер кадра» должно состоять из цифр, количество которых должно быть указано в формате конкретного УЧПУ.

Слово (или слова) «Подготовительная функция» должно быть выражено кодовым числом.

**Функция подачи.** Скорость подачи (далее — подача) должна кодироваться числом, количество разрядов которого должно быть указано в формате конкретного УЧПУ.

Выбор типа подачи должен осуществляться одной из следующих подготовительных функций:

G93 — «Подача в функции обратной времени»;

G94 — «Подача в минуту»;

G95 — «Подача на оборот».

В качестве основного метода кодирования подачи рекомендуется метод прямого обозначения, при котором должны применяться следующие единицы измерения: миллиметры в минуту — подача не зависит от скорости главного движения; миллиметр на оборот — подача зависит от скорости главного движения; радиан в секунду (градусы в минуту) — подача относится только к круговому перемещению.

Для быстрого перемещения рекомендуется использовать подготовительную функцию G00.

Подачу допускается задавать кодовым числом, причем большей подаче должно соответствовать большее кодовое число. Для скорости векторного перемещения, не зависящей от скорости главного движения, подача может быть выражена величиной, обратно пропорциональной времени в минутах, необходимого для обработки соответствующего кадра. В этом случае подача равна отношению векторной скорости (выраженной в миллиметрах в минуту) к вектору перемещения по траектории обработки (выраженному в миллиметрах).

**Функция главного движения.** Скорость главного движения должна кодироваться числом, количество разрядов которого должно быть указано в формате конкретного УЧПУ.

Выбор вида функционирования главного движения (там, где это необходимо) должен осуществляться одной из следующих подготовительных функций:

G96 — «Постоянная скорость резания»;

G97 — «Обороты в минуту».

В качестве основного метода кодирования скорости главного движения рекомендуется метод прямого обозначения, при котором число обозначает угловую скорость шпинделя в радианах в секунду (оборотах в минуту).

Если число обозначает скорость резания, единицей измерения является метр в минуту.

Допускается скорость главного движения задавать кодовым числом, причем большей скорости главного движения должно соответствовать большее кодовое число.

Слово «*Функция инструмента*» используется для выбора инструмента. Допускается использовать это слово для коррекции (или компенсации) инструмента. В этом случае слово «*Функция инструмента*» будет состоять из двух групп цифр. Первая группа цифр используется для выбора инструмента, вторая — для коррекции инструмента. Если для записи коррекции (компенсации) инструмента используется другой адрес, рекомендуется использовать символ D или H.

Количество цифр, следующих за адресами T, D и H, должно быть указано в формате конкретного УЧПУ.

Слово (или слова) «*Вспомогательная функция*» должно быть выражено кодовым числом. В безразмерных словах допускается опускать ведущие нули.

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В трех томах. М.: Машиностроение, 1982, Т. 1. 729 с. Т. 2. 584 с. Т. 3. 576 с.
2. Мерзон Э. Д., Мерзон И. Э., Медведовская Н. В. Машиностроительное черчение. М.: Высшая школа, 1987. 335 с.
3. Средства измерения линейных и угловых размеров в машиностроении: Каталог. М.: НИИмаш, 1980. 359 с.
4. Точность и производственный контроль в машиностроении: Справочник/Под ред. А. К. Кутая, Б. М. Сорочкина. Л.: Машиностроение, 1983. 368 с.
5. Гжиров Р. И., Обольский Я. З., Серебrenицкий П. П. Автоматизированное программирование обработки на станках с ЧПУ. Л.: Лениздат. 1986. 176 с.

# ПЕРЕЧЕНЬ ГОСТов

В справочнике использованы ГОСТы, действующие и утвержденные на 15 июля 1988 г.

| ГОСТ      | Страница    | ГОСТ      | Страница      |
|-----------|-------------|-----------|---------------|
| 2.001—70  | 80          | 427—75    | 399           |
| 2.004—79  | 106         | 492—73    | 171, 172, 177 |
| 2.101—68  | 80          | 493—79    | 170, 171      |
| 2.102—68  | 80          | 588—81    | 334           |
| 2.103—68  | 82          | 591—69    | 335           |
| 2.301—68  | 85, 86, 106 | 592—81    | 335           |
| 2.302—68  | 86          | 613—79    | 170           |
| 2.303—68  | 82—85       | 792—67    | 190           |
| 2.304—81  | 86, 87      | 801—60    | 130, 149      |
| 2.305—68  | 87          | 804—72    | 177           |
| 2.306—68  | 99          | 831—75    | 347           |
| 2.308—79  | 390         | 832—78    | 348           |
| 2.309—73  | 397         | 849—70    | 177           |
| 2.317—69  | 99, 101     | 868—82    | 401           |
| 2.701—84  | 101         | 931—78    | 195           |
| 2.703—68  | 107         | 1050—74   | 129, 136      |
| 2.704—70  | 108         | 1066—80   | 199           |
| 2.770—68  | 108—122     | 1071—81   | 190           |
| 2.780—68  | 122         | 1131—76   | 161, 186      |
| 2.781—68  | 122         | 1139—80   | 318—320       |
| 2.782—68  | 122         | 1215—79   | 130           |
| 3.1102—81 | 472         | 1284.1—80 | 329           |
| 3.1109—82 | 444, 449    | 1284.2—80 | 329           |
| 5—78Е     | 208         | 1320—74   | 131, 173      |
| 8.051—81  | 406—409     | 1412—85   | 130           |
| 5.1494—72 | 243         | 1414—75   | 130, 149      |
| 8.417—81  | 6, 8—13     | 1435—74   | 129, 149, 150 |
| 9.104—79  | 222         | 1467—77   | 177           |
| 9.306—85  | 221         | 1476—84   | 295           |
| 10—75     | 401         | 1477—84   | 295           |
| 14.001—73 | 443         | 1478—84   | 295           |
| 14.004—83 | 444         | 1482—84   | 295           |
| 14.201—83 | 462         | 1485—84   | 295           |
| 14.312—74 | 462         | 1488—84   | 295           |
| 162—80    | 400         | 1491—80   | 295           |
| 164—80    | 400         | 2045—71   | 439           |
| 166—80    | 399         | 2060—73   | 195           |
| 288—72    | 249         | 2196—75   | 251           |
| 333—79    | 349         | 2214—78   | 252           |
| 397—79    | 297         | 2475—62   | 436           |
| 380—71    | 129, 136    | 2524—70   | 301           |

| ГОСТ    | Страница             | ГОСТ    | Страница                   |
|---------|----------------------|---------|----------------------------|
| 2526—70 | 301                  | 6418—81 | 249                        |
| 2590—71 | 186                  | 6424—73 | 304, 305                   |
| 2591—71 | 186                  | 6507—78 | 400                        |
| 2718—74 | 208                  | 6616—74 | 439                        |
| 2771—81 | 190, 199             | 6636—69 | 258—260, 352               |
| 2789—73 | 392, 398             | 6651—84 | 440                        |
| 2823—73 | 439                  | 6874—75 | 348                        |
| 2824—86 | 249                  | 6923—84 | 440                        |
| 2856—79 | 181                  | 7242—81 | 347                        |
| 2875—75 | 429                  | 7350—77 | 188                        |
| 2879—69 | 186                  | 7470—78 | 401                        |
| 2923—75 | 417                  | 7502—80 | 399                        |
| 3059—75 | 432                  | 7661—67 | 401                        |
| 3128—70 | 312, 313             | 7769—82 | 130                        |
| 3129—70 | 312                  | 7795—70 | 299                        |
| 3169—81 | 349                  | 7798—70 | 298                        |
| 3199—84 | 435                  | 7805—70 | 298                        |
| 3276—74 | 255                  | 7808—70 | 298                        |
| 3333—80 | 255                  | 7811—70 | 298                        |
| 3749—77 | 430                  | 7872—75 | 348                        |
| 3882—74 | 131, 182, 183        | 8026—75 | 410                        |
| 4046—80 | 431                  | 8239—72 | 188                        |
| 4268—75 | 251                  | 8240—72 | 187                        |
| 4366—76 | 255                  | 8278—83 | 187                        |
| 4381—87 | 400                  | 8281—80 | 187                        |
| 4543—71 | 142—147              | 8282—83 | 187                        |
| 4784—74 | 161, 193             | 8328—75 | 348, 349                   |
| 5017—74 | 169                  | 8335—81 | 440                        |
| 5632—72 | 129, 149,<br>153—155 | 8338—75 | 347                        |
| 5689—79 | 208                  | 8509—86 | 186                        |
| 5720—75 | 347                  | 8510—86 | 186                        |
| 5721—75 | 349                  | 8551—74 | 256                        |
| 5915—70 | 301                  | 8593—81 | 261, 262                   |
| 5916—70 | 302                  | 8624—80 | 439                        |
| 5927—70 | 301                  | 8724—81 | 271—274, 368               |
| 5929—70 | 301                  | 8773—73 | 256                        |
| 5931—70 | 301                  | 8790—79 | 314                        |
| 5950—73 | 129, 156—158         | 8820—69 | 261, 266, 267              |
| 6009—74 | 190                  | 8878—84 | 295                        |
| 6111—52 | 283, 289             | 8882—75 | 347                        |
| 6120—75 | 251                  | 8908—81 | 257, 260, 262,<br>360, 367 |
| 6121—75 | 221                  | 9109—81 | 234                        |
| 6122—75 | 251                  | 9150—81 | 271, 272, 283,<br>368      |
| 6132—79 | 193                  | 9177—74 | 439                        |
| 6211—81 | 283, 284             | 9355—81 | 233                        |
| 6267—74 | 255                  | 9378—75 | 429                        |
| 6308—71 | 249                  | 9389—75 | 190                        |
| 6357—81 | 262, 272, 280        |         |                            |

| ГОСТ     | Страница      | ГОСТ     | Страница       |
|----------|---------------|----------|----------------|
| 9392—75  | 432           | 13152—67 | 295            |
| 9433—80  | 256           | 13229—78 | 188            |
| 9465—79  | 312           | 13463—77 | 297            |
| 9484—81  | 277, 281, 283 | 13498—79 | 179            |
| 9563—60  | 343           | 13552—81 | 335            |
| 9825—73  | 232           | 13568—75 | 334            |
| 9933—75  | 440           | 13576—81 | 335            |
| 10007—80 | 203           | 13616—78 | 193            |
| 10021—84 | 432           | 13617—82 | 193            |
| 10156—78 | 252           | 13618—81 | 193            |
| 10177—82 | 283           | 13619—81 | 193            |
| 10243—75 | 127           | 13620—81 | 193            |
| 10243—75 | 127           | 13621—79 | 193            |
| 10277—76 | 235, 236      | 13622—79 | 194, 195       |
| 10292—74 | 207           | 13623—80 | 195            |
| 10336—80 | 295           | 13624—80 | 195            |
| 10388—81 | 401           | 13737—80 | 195            |
| 10529—86 | 432           | 13738—80 | 195            |
| 10549—80 | 283, 285—288  | 13744—87 | 203            |
| 10733—79 | 312           | 13754—81 | 268            |
| 10748—79 | 375           | 13755—81 | 268            |
| 10851—73 | 209           | 14034—74 | 284, 293, 294  |
| 10877—76 | 255           | 14113—78 | 175, 176       |
| 10885—85 | 188           | 14296—78 | 256            |
| 10905—86 | 414           | 14332—78 | 202            |
| 11025—78 | 249           | 14724—69 | 295            |
| 11069—74 | 160           | 14864—78 | 403            |
| 11074—84 | 295           | 14865—78 | 403            |
| 11075—84 | 295           | 14957—76 | 180            |
| 11098—75 | 401           | 14959—79 | 150, 151, 155, |
| 11110—75 | 255           |          | 156            |
| 11161—84 | 440           | 15163—78 | 295            |
| 11196—74 | 432           | 15521—70 | 302            |
| 11268—76 | 189           | 15522—70 | 302            |
| 11284—75 | 283, 290—292  | 15523—70 | 302            |
| 11383—75 | 199           | 15524—70 | 302            |
| 11708—82 | 268           | 15525—70 | 301            |
| 11738—84 | 295           | 15526—70 | 302            |
| 11850—72 | 190           | 15527—70 | 165, 167       |
| 11951—82 | 403           | 15589—70 | 299            |
| 11988—81 | 441           | 15590—70 | 299            |
| 12069—78 | 399           | 15591—70 | 299            |
| 12201—66 | 295           | 15809—70 | 204            |
| 12208—66 | 314           | 16093—81 | 272, 278, 279, |
| 12271—76 | 203           |          | 365, 365, 368, |
| 12414—66 | 284, 295—297  |          | 372—374        |
| 12850—80 | 312           | 16105—70 | 256            |
| 12876—67 | 300, 307—309  | 16302—79 | 234            |
| 13045—81 | 441           | 16337—77 | 202            |



| ГОСТ     | Страница | ГОСТ       | Страница       |
|----------|----------|------------|----------------|
| 16338—85 | 202      | 21427.0—75 | 151            |
| 16530—83 | 335, 339 | 21427.1—83 | 151            |
| 16531—83 | 337, 339 | 21427.2—83 | 151            |
| 16532—70 | 344      | 21427.3—75 | 151            |
| 16967—81 | 272, 368 | 21437—75   | 176            |
| 16976—71 | 221      | 21488—76   | 161, 162, 195  |
| 17232—79 | 193      | 21631—76   | 193, 196—198   |
| 17373—73 | 327, 328 | 21930—76   | 183, 184       |
| 17473—80 | 295      | 21990—76   | 199            |
| 17474—80 | 295      | 22032—76   | 300            |
| 17475—80 | 295      | 22033—76   | 300            |
| 17478—72 | 207      | 22034—76   | 300            |
| 17575—81 | 195      | 22035—76   | 300            |
| 17576—81 | 195      | 22036—76   | 300            |
| 17711—80 | 166, 168 | 22038—76   | 300            |
| 17756—72 | 432      | 22039—76   | 300            |
| 18175—78 | 169      | 22040—76   | 300            |
| 18854—82 | 350      | 22041—76   | 300            |
| 18855—82 | 350      | 22042—76   | 300            |
| 19119—80 | 312      | 22043—76   | 300            |
| 19241—80 | 177      | 23004—78   | 449            |
| 19265—73 | 158      | 23343—78   | 233            |
| 19282—73 | 152      | 23360—78   | 314—316, 375   |
| 19459—74 | 204      | 23494—79   | 233            |
| 19537—83 | 255      | 23887—79   | 268            |
| 19605—74 | 446      | 24068—80   | 317            |
| 19703—79 | 199      | 24069—80   | 317            |
| 19738—74 | 186      | 24071—80   | 314            |
| 19782—74 | 256      | 24296—80   | 312            |
| 19807—74 | 177      | 24642—81   | 375            |
| 19903—74 | 188, 189 | 24705—81   | 270, 271, 272, |
| 19904—74 | 188, 189 |            | 275—277, 368   |
| 19772—74 | 187      | 24706—81   | 272, 368       |
| 20282—86 | 203      | 24738—81   | 277, 282       |
| 20437—75 | 206      | 24739—81   | 283            |
| 20523—80 | 473      | 24997—81   | 435            |
| 20799—75 | 254, 255 | 25142—82   | 392            |
| 20847—75 | 127      | 25229—82   | 283            |
| 20889—80 | 331      | 25307—82   | 365            |
| 20890—80 | 331      | 25346—82   | 351, 357, 358  |
| 20891—60 | 331      | 25347—82   | 351, 357,      |
| 20892—80 | 331      |            | 360—364        |
| 20893—80 | 331      | 25349—82   | 359            |
| 20894—80 | 331      | 25548—82   | 257            |
| 20896—80 | 331      | 25670—83   | 359            |
| 20897—80 | 331      | 25686—85   | 481            |
| 20999—83 | 488      | 27463—87   | 489, 490       |
| 21014—75 | 127      | 27465—87   | 490            |

# ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

## А

Автооператоры 481  
Алфавит греческий 5  
— латинский 5  
Алюминий 160  
Антилогарифмы 25—27

## Б

Баббиты 173  
— Условия применения 178  
— Физико-механические свойства 179  
Балки двутавровые из горячекатаной стали 188  
— с различным нагружением — Расчет 67—70  
Болт 271  
Болты — Основные типы 298, 299  
— Размеры концов 295—297  
— Точность изготовления 284  
Бронза 168 — Свойства 169—171

## В

Вершина резьбы 270  
Взаимозаменяемость 351  
Вид 87 — дополнительный 95  
— местный 95  
— основной 90, 95  
Винт 271  
Винты — Размеры концов 295—297  
— общего назначения 295  
— с потайной и полупотайной головками — Опорные поверхности 309  
— с цилиндрической головкой и цилиндрической головкой и шести-  
гранным углублением под ключ — Опорные поверхности 308  
Виток резьбы 269  
Влажность — Измерение 438, 439  
Войлок технический 249, 250  
Впадина резьбы 270  
Выступ резьбы 269

## Г

Газ — Измерение расхода 441, 442  
Гайка 271  
Гайки — Точность изготовления 297  
— шестигранные — Основные типы 301, 302  
Галтели вала и корпуса под шарико- и роликоподшипники- Размеры 265

**Грунтовки** — Возможность сочетания с эмалями и материалами окрашиваемых поверхностей 241, 242  
— Свойства и назначение 233—235

## Д

**Давление** — Измерение 440  
**Детали крепежные** 271  
— Места под ключ и под головки 300  
— Опорные поверхности 307  
— Стопорение 297, 300, 303  
**Детали типовые** 409—429  
— Измерение больших длин и диаметров 410  
— Измерение отклонений формы и расположения поверхностей 410—429  
— Измерение резьб 432—438  
— Измерение углов и конусов 429—432  
— Измерение малых размеров 410  
**Деталь коническая** 257  
**Диаметр цилиндрической резьбы наружный** 270  
**Длина конуса** 261  
**Длины хорд** 56  
**Документация конструкторская** — Стадии разработки 82  
**Документы конструкторские** — Виды 81, 82  
**Допуск** 353  
— зазора 356  
— натяга 356  
— расположения 381 — независимый 389  
— суммарный 388—390  
— формы 375 — независимый 389  
**Допуски на угловые размеры** 359, 364—367  
**Древесина** 243, 248, 249

## Е

**Единицы внесистемные, допускаемые к применению наравне с единицами СИ** 14  
— СИ 8—13 — Важнейшие производные для различных областей науки и техники 14—16

## Ж

**Жидкости** — Измерение расхода 441, 442

## З

**Зазор** 355  
— наибольший 356  
— наименьший 356

- Заход резьбы 269
- Зацепление зубчатое 335
  - Ряд модулей 342
- Звено зубчатое 335
- Зуб 335
  - Высота 339
  - Высота делительной головки 339
  - Нормальный профиль 340
  - Окружная толщина 339
  - Окружной шаг 339
  - Профиль боковой поверхности 340
  - Рабочий профиль 340

- Зубья — Интерференция 342
  - Окружной модуль 343
  - Подрезание 342
  - Смещение 342, 343

- Зубья винтовые 337
  - криволинейные 337
  - прямые 337

## И

- Изделия — Виды 80
- Схемы деления на составные части 122, 123
- Изделия прокатанные — Дефекты поверхности и формы 127

## К

- Канавка резьбы 269
- Канавки для выхода шлифовального круга при круглом шлифовании 266, 267
  - при плоском шлифовании 266
- Канавки для посадки подшипников качения 266
- Квадраты 17—19
- Керамика 217—219
- Клен 243—247
- Ключи гаечные 306
- Колесо зубчатое 335 — ведущее 336
  - цилиндрическое — Диаметр 339
- Контур исходный 341 — Коэффициент смещения 343
- Конус 260
- Конусность 260, 262 — Примеры использования 262—264
- Корни из чисел, меньших единицы 20
  - квадратные 17—19
  - кубические 17—19
- Кривые типовые — Построение 43—48
- Кубы 17—19

## Л

- Лакоткани электроизоляционные** 252  
**Латуни** 164  
— Свойства и назначение 164—166  
— Технологические свойства 167, 168  
**Лента липкая изоляционная** 251, 252  
— стальная горячекатаная 190  
**Линии на чертежах** 82—85  
**Линия зацепления** 339  
— межосевая 339  
— нулевая 353  
— обрыва 96  
— разрыва 96  
**Листы из алюминия и его сплавов** — Размеры 196—198  
— латунные 195  
**Логарифмы** 6, 7, 17—19 — Основные свойства 21  
— Примеры расчета 24  
— Свойства 7—24  
**Логарифмы десятичные** 21—23

## М

- Манипуляторы** 481  
**Масштабы** 86, 87  
**Материалы** — Графическое изображение 99, 100  
— Механические, физические и технологические свойства 124—127  
— Условные обозначения основных элементов в марках 127, 129—131, 136  
**Материалы бумажные** 249  
— композиционные 201, 207  
**Материалы лакокрасочные** 221, 222, 232—243  
— Классификация по составу пленкообразователя 232  
— Свойства и назначение 237—240  
— Условные обозначения групп по назначению 232  
**Материалы магнитные** 168, 173—175  
— различных групп — Цвета краски 132, 133  
— рыхловолокнистые тепло- и звукоизоляционные — Свойства 250  
— смазочные 252, 254—256  
— теплоизоляционные конструкционные 251  
**Медь** — Марки 164  
**Меры длины плоскопараллельные концевые** 398, 399  
— штриховые 399  
**Металлы** — Особенности контакта с покрытиями 224, 225  
— Условные обозначения основных элементов 127, 128  
**Металлы черные** 186  
**Метод измерения бесконтактный** 409, 410  
— контактный 409  
— косвенный 409  
— непосредственной оценки 409  
— прямой 409  
— сравнения 409

Методы измерения автоколлимационные 416—421  
— коллимационные 416—421  
— параметров шероховатости поверхности 421, 429  
— расположения поверхностей 421—428  
Механизмы простейшие — Расчет 65, 66  
Миколента 251, 252

## Н

Натяг 355  
— наибольший 355  
— наименьший 355  
Недорез резьбы 285, 287, 289  
Неровности — Условное обозначение направления 396

## О

Обработка термическая — Условное обозначение видов 131, 132, 136  
Окружность впадин 339  
— делительная 339  
— концентрическая 339  
— основная 339  
Олово 173 — Свойства и назначение 178  
Освещенность — Измерение 438  
Ось резьбы 269  
Отверстия сквозные — Ряды размеров 291, 292  
— под крепежные детали 290  
Отверстия центровые с метрической резьбой 294  
— с углом конуса  $60^\circ$  293  
Отклонение 352  
— верхнее 353  
— действительное 352  
— нижнее 353  
— предельное 352  
Отклонение расположения 375, 381—390 — Основные виды 382—388  
— суммарное 390  
Отклонение формы 375  
— суммарное 390

## П

Параметры движения 63, 64  
Перевод градусной меры в радианную 20  
Передачи — Рекомендации для выбора приводного ремня в зависимости от условий работы 324—326  
— гидравлические 321  
— гидромеханические 321  
— зацеплением 321  
— зубчато-ременные 331

**Передачи зубчатые с внешним зацеплением 337**

— с внутренним зацеплением 337

— со скрещивающимися осями 336, 337 — винтовые 337 — гипербо-  
лоидные 337 — гипойдные 337 — спироидные 337 — червячные 337

— с параллельными осями 336, 337 — цилиндрические 337

— с пересекающимися осями 336, 337 — конические 337 — смешан-  
ные 337 — цилиндрические — косозубые 338 — прямозубые 338 —

реечные 337 — шевронные 338

**Передачи клиноременные 329**

— механические 321

— плоскоременные 322—324

— пневматические 321

— с профилем по дуге окружности 340

— трением 321

— цепные 331—335

— циклоидные 340

— эвольвентные 340

**Пластмассы 201 — Основные свойства и назначение 202—216**

**Платина 173 — Примерное назначение 179**

**Плиты алюминиевые 193**

— из магниевых сплавов 199

**Поверхности прилегающие — Основные виды 376—381**

**Поверхность прямая круговая коническая 257**

**Погрешности измерения 406—409**

**Подшипники 344—350 — Маркировка 346**

— двухрядные 345

— качения 345 — Выбор 350 — Основные типы 347

— несамоустанавливающиеся 345

— однорядные 345

— радиально-упорные 346

— радиальные 346

— самоустанавливающиеся 345

— скольжения 344, 345

— упорные 346

— четырехрядные 345

**Покрытия 221—232, 243**

— Классификация по внешнему виду 243

— Обозначение видов дополнительной обработки 223

— Обозначение признаков, характеризующих физико-механические  
свойства 223

— Обозначение способов нанесения 222

**Покрытия металлические — Обозначение 223**

— Свойства и назначение 226—228

**Покрытия неметаллические неорганические — Свойства и назначение  
228, 229**

— пластмассовые 230, 231

— резиновые 230, 231

**Поле допуска 353 — Схемы расположения 353, 354**

— расположения 381

— формы 375

**Полосы горячекатаные из высококачественной стали 190, 191**

- латунные 195
- Посадки в системе вала 357
- отверстия 357
- Посадки — Типы 355
- переходные 356
- с зазором 355
- с натягом 356
- Построения геометрические 38—42
- Приборы измерительные пневматические 403
- пружинные 403
- электронные 403
- Приборы координатно-измерительные 405
- микрометрические 400, 401
- оптико-механические 403, 404
- оптические 403, 404
- рычажно-зубчатые 401, —403
- Припой 181
- оловянно-свинцовые в чушках 183, 184 — Области применения 184—186
- Проволока для холодной высадки 193
- из свинцовой латуни 199
- круглая холоднотянутая 190 — Номинальные диаметры 191, 192
- низкоуглеродистая качественная 190
- Проволока стальная для пружинных шайб 190, 193
- пружинная термически обработанная 190
- Проволока электротехническая 193
- Программы управляющие — Безразмерные слова 494
- Кодирование информации 488—493
- Размерные слова 493, 494
- Функция главного движения 495
- Функция подачи 494, 495
- Прогрессии 29, 31
- Проекция аксонометрические 99, 101, 102, 104
- Прокат листовой горячекатаный 188, 189
- холоднокатаный 188, 189
- Пропорции 24, 27
- Проточки резьбы 286, 288, 289
- Профили алюминиевые фасонные прессованные 193, 195
- гнутые стальные зетовые 188
- гнутые стальные С-образные 187, 188
- наиболее распространенные — Расчет 72—74
- Профиль резьбы 269, 270
- Проценты 28
- Прутки из алюминия и алюминиевых сплавов 195, 199
- латунные 195

## Р

- Радиусы закруглений 264
- сопряжения валов и втулок 265



- Размер** 352 — действительный 252  
— предельный 352 — наибольший 352 — наименьший 352 — номинальный 352  
**Размеры** ключа и под ключ 304, 305  
— линейные нормальные в диапазоне 1—155 мм 257—260  
**Разрезы** 96—98  
**Расстояние** делительное межосевое 339  
**Расчеты**, выполняемые с помощью микрокалькуляторов 74—79  
**Резина** 252—255  
**Резьба** копическая 270 — дюймовая 283 — метрическая 283  
— левая 270  
— многозаходная 270, 283  
— правая 270  
— цилиндрическая 270 — метрическая 271, 272, 275—279 — трапецеидальная несимметричная 283 — трапецеидальная симметричная 277, 281, 282 — трубная 272, 280  
**Ремни** клиновые — Размеры сечения 329  
— Расчетная длина 330  
**Ремни** плоские хлопчатобумажные целлюлозные пропитанные — Размеры и физико-механические показатели 326, 327  
**Робот** промышленный 481—496  
**Ролики** бочкообразные 345  
— витые 345  
— игольчатые 345  
— конические 345  
— цилиндрические длинные 345 — короткие 345

## С

- Сбег** резьбы 270, 285, 287, 289  
**Серебро** и его сплавы 173 — Примерное назначение 180  
**Сечение** 96  
**Система** конструкторской документации 80  
**Системы** производственные гибкие 486—488  
**Ситаллы** 219—221  
**Слюда** 252  
**Соединение** — Номинальный размер 352  
— болтовое 310  
— неразъемное 268  
— прессовое 268  
— разъемное 268  
**Соединения** резьбовые — Упрощенный расчет 300, 303, 305, 309—311  
— шлицевые 318—321 — Размеры 319, 320 — прямобоочные 318 — треугольные 318 — эвольвентные 318  
**Сплавы** алюминиевые антифрикционные 173 — Примерное назначение 175, 176  
— деформируемые 160 — Примерное назначение 161, 162 — Физические, механические и технологические свойства 161  
— литейные 160, 164 — Назначение 162 — Физические, механические и технологические свойства 163  
— на цинковой основе 173 — Механические и технологические свойства 176

- Сплавы медно-никелевые** 168 — Свойства и назначение 171, 172  
— твердые спеченные 181 — Основные характеристики и назначение 182, 183  
— титановые 173 — Механические свойства 177  
**Средства измерений** — Выбор 404—409  
**Средства технологической подготовки производства** 444—472  
— Обеспечение технологичности конструкции изделия 458—462  
— Основные требования 444, 452—458  
— Основные формы организации технологических процессов 462, 471  
— Разработка технологических процессов 462—465  
— Средства разработки и виды документов 466—472  
**Стали специальные** — Механические и технологические свойства 149—15  
— тонколистовые и широкополосные — Примерное назначение 152  
**Сталь** — 136 — Определение марки по искре 133, 134 — Цвета калибра 135  
— горячекатаная листовая двухслойная коррозионно-стойкая 188, 190  
— инструментальная быстрорежущая 158 — легированная 156, 158 — коррозионно-стойкая 153—155  
— повышенной и высокой обрабатываемости резанием 159  
— рессорно-пружинная 150, 155, 156  
— углеродистая 136, 139 — 141, 148  
— электротехническая 148, 151, 159, 160  
**Станки с ЧПУ** — Индексация 481  
**Стеклоткани** 252  
**Стержни прямые постоянного сечения** — Расчет на устойчивость 71, 72  
**Схемы** — Виды и типы 101, 104—106  
— гидравлические 107—122, 108  
— кинематические 107—122  
— пневматические 108

**Т**

- Температура** — Измерение 439, 440  
**Точка контактная** 340  
**Трубы** 193, 194  
— латунные тонколистовые 199, 200

**У**

- Углы нормальные конусов** 257, 260  
**Угол зацепления** 339  
— конуса 261 — уклона 261  
— профиля 270  
**Уголки стальные гнутые неравнополочные** 187  
— холодногнутые 187  
**Уклоны для призматических деталей** 261, 262  
**Уровни для измерения отклонений** 415, 416  
**Устройства ЧПУ станками** 473—481

## Ф

- Фарфор 220, 221  
Фигуры плоские 57, 58  
Форматы 85—87  
Формулы тригонометрии 32, 36, 37  
Функции тригонометрические 31—34

## Х

- Ход резьбы 270

## Ц

- Цепи роликовые 332—334  
Цифры римские 5, 6

## Ч

- Чугун 136  
— ковкий 137  
— легированный 138, 139  
— серый 137

## Ш

- Шаг резьбы 270  
Шайба 271  
Швеллеры стальные гнутые равнополочные 187  
— горячекатаные 187  
— холодногнутые неравнополочные 187  
Шероховатость поверхности 391—398  
Ширина венца 339  
Шкивы — Типы, исполнение и основные размеры 327, 328  
Шпатлевки — Свойства и назначение 235, 236  
Шпильки 271, 295—297, 360  
Шпонки — Подбор и проверка прочности 317, 318  
— клиновые 317  
— призматические 314—316  
— сегментные 314, 317  
— тангенциальные 317  
Шрифты чертежные 86—93  
Штангенинструменты 399, 400  
Штифты гладкие 311  
— конические 311

- крепежные 311
- просечные 311
- установочные 311
- цилиндрические 311, 313

Шум — Измерение 438

## Э

Эвольвента окружности 340

Элемент выносной 96

- конический 257

Элементы деталей гладкие 357—364

- плоских фигур 48—55

# СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Малов Алексей Николаевич, Закоиников Владимир Павлович,  
Пакнис Альгимантас Балевич и др.

## ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК

Редактор *И. И. Лесниченко*

Художественный редактор *А. С. Вершинкин*

Технический редактор *Л. П. Гордеева*

Корректоры *И. М. Борейша, А. П. Сизова*

ИБ № 5692

Сдано в набор 05.05.88. Подписано в печать 22.08.88. Т-17264.  
Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная.  
Печать высокая. Усл. печ. л. 26,88. Усл. кр.-отт. 26,88. Уч.-изд. л. 28,49.  
Тираж 100 000 экз. Заказ 467. Цена 1 р. 70 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение»,  
107076, Москва, Стромынский пер., 4.

Ленинградская типография № 6 ордена Трудового Красного Знамени  
Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой  
Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР  
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.  
193144, г. Ленинград, ул. Монсеенко, 10.